Written strictly in accordance with the New Approved Syllabus of the Board of Secondary Education, West Bengal for Class IX, of all Higher Secondary & Multipurpose Schools.

রসায়নের গোড়ার কথা

প্রথম ভাগ

CHEMISTRY

(নবম মানের জন্য)

মেদিনীপুর কলেজের রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক

অধ্যাপক শ্রীপতি দে, এম. এস্.-সি.

প্রণীত

যাদবপুর ইউনিভার্সিটির রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক

শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী, এম এস্.-সি.

কর্তৃক সংশোধিত ও পরিবর্ধিত

চতুর্থ পরিমার্জিত সংস্করণ

মডার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট্ লিমিটেড

১০, বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট,

কলিকাতা—১২

প্রকাশক : শ্রীদীনেশচন্দ্র বসু
ইস্টার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট লিঃ
১০, বঙ্কিম চ্যাটার্জি স্ট্রীট,
কলিকাতা—১২

চতুর্থ সংস্করণ, ১৯৫৮

প্রিণ্টার : শ্রীসমরেন্দ্রভূষণ
বাণী প্রেস
১৬নং হেমেন্দ্র সেন
কলিকাতা—

ভূমিকা

মধ্য-শিক্ষা পর্ষৎ নবম, দশম ও একাদশ শ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য যে নূতন সিলেবাস বাহির করিয়াছেন তাহাই অনুসরণ করিয়া এই পুস্তকখানি লিখিত হইল। বর্তমানে পুস্তকের প্রথম ভাগ মাত্র নবম শ্রেণীর ছাত্রদের উপযোগী করিয়া লিখিত হইল। এই পুস্তকে মৌল ও যৌগ পদার্থের ইংরাজী নাম বাংলায় লেখা হইল, কারণ উচ্চস্তরের রসায়নশাস্ত্র অধ্যয়ন করিতে হইলে তাহা ইংরাজীর মাধ্যমেই পড়িতে হইবে এবং তখন পদার্থসমূহের ইংরাজী নামের সহিত পরিচিতি থাকাই প্রয়োজন। তাহা ছাড়া পদার্থের ইংরাজী নামই আন্তর্জাতিক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত। যে সমস্ত যন্ত্রপাতি রসায়নাগারে ব্যবহৃত হয় তাহার ইংরাজী ও বাংলা দুই প্রকার নামই ব্যবহৃত হইয়াছে এবং ছবির দ্বারা দেখান হইয়াছে। এই পুস্তকখানি প্রণয়ন বিষয়ে আমি অনেক ইংরাজী পুস্তকের সাহায্য লইয়াছি এবং বিশেষভাবে উল্লেখ করি যে প্রেসিডেন্সি কলেজের রসায়ন শাস্ত্রের প্রধান অধ্যাপক ডাঃ শ্রীপ্রতুলচন্দ্র রক্ষিতের "মাধ্যমিক রসায়ন বিজ্ঞান" এবং আমার শ্রদ্ধেয় অধ্যাপক শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী ও শ্রীনৃপেন্দ্রনাথ সিংহের "মাধ্যমিক রসায়ন" আমাকে এই পুস্তক লিখিতে অনুপ্রাণিত করিয়াছে। আমি তাঁহাদের নিকট আমার আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। পুস্তকখানি যতদূর সম্ভব নবম শ্রেণীর উপযোগী করিয়া লিখিত হইয়াছে এবং ভ্রমপ্রমাদশূন্য করিবার জন্য আপ্রাণ চেষ্টা করা হইয়াছে। এক্ষণে সুধী শিক্ষকবৃন্দ ও সুকুমারমতি ছাত্রছাত্রীগণ এই পুস্তক পঠন-পাঠনের উপযোগী হইয়াছে কিনা তাহা বিচার করিবেন। সুধী শিক্ষকবৃন্দের নিকট আমার সনির্বন্ধ অনুরোধ এই যে পুস্তকখানিকে আরও উন্নততর করিবার জন্য তাঁহারা আমাকে পরামর্শ দিয়া আন্তরিক কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করিবেন।

মেদিনীপুর

এপ্রিল, ১৯৫৮

চতুর্থ সংস্করণের ভূমিকা

এই সংস্করণে কিছু কিছু ভ্রমপ্রমাদ সংশোধিত করিয়া দেওয়া হইয়াছে। বস্তুতঃ এই সংস্করণে বিষয়বস্তুর কোনও পরিবর্তন সাধিত হয় নাই।

আশা করি সুধী শিক্ষকবৃন্দ পূর্ব পূর্ব বারের ন্যায় এবারেও ভ্রমপ্রমাদ সম্পর্কে অবহিত করিয়া আমাকে কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করিবেন। পরবর্তী সংস্করণে সেইগুলি সংশোধিত করিয়া দিব। ইতি

SYLLABUS OF CHEMISTRY

FOR

HIGHER SECONDARY EXAMINATION

CLASS—IX

Course Content	*Notes*
	(D—Demonstration by teacher)
1. The role of Chemistry in modern life.	Brief reference to contributions of Chemistry to: (*a*) improved health and sanitation, (*b*) supply of foodstuff, (*c*) increase in comfort, convenience and pleasures, (*d*) increased efficiency of technical processes, etc.
2. Common laboratory processes: decantation, filtration, extraction, evaporation, crystallisation, distillation and sublimation.	D. Familiarity with— (*i*) Vessels for holding, and those for measuring liquids, retort, Woulffe's bottle, evaporating dish, funnel, etc. (*ii*) Burners, Heating and evaporating appliances. D—Relevant experiments and the use of these processes in preparing pure substances, etc.
3. (*a*) Physical states of matter: melting and boiling points.	
(*b*) Identification of matter: Physical and chemical properties.	D—To show how solids, liquids and gases differ in their

Course Content	*Notes*
	physical properties (e.g., touch, colour, smell, solubility, magnetic reaction, etc.), and chemical properties (e.g. behaviour on heating, treatment with acids, alkalis, and other reagents).
(*c*) Physical and chemical changes.	The following changes may be illustrative: melting of ice and wax, burning of coal, conversion of water to steam, rusting of iron, magnetisation of iron, heating the filament of an electric lamp by electric current, heating of copper wire and platinum wire by Bunsen flame, slaking of lime. Brief mention of factors that induce and regulate chemical changes e.g., close contact, temperature, pressure, catalysis, etc.
(*d*) Chemical compounds and mechanical mixtures.	D—Study of the difference between a mixture and a compound of iron and sulphur.
(*e*) Elements and compounds. (*f*) Metals and non-metals.	Only and elementary idea at this stage.
4. Study of Air.	
(*a*) Air is not an element: it contains oxygen and nitrogen.	D—(*i*) Increase in weight during the burning of magnesium in air.
(*b*) Proportion (by volume) of these gases in air.	(*ii*) Experiment with burning phosphorus in air inside a bell-jar.

Course Content	*Notes*
	(*iii*) Chart of Lavoisier's belljar experiment.
(*c*) Air is a mixture of oxygen and nitrgen.	
Other gases present in the atmosphere.	Only names of these gases are required.
5. Oxygen	
(*a*) Preparation (from mercuric oxide and from potassium chlorate); catalysis (only definition and illustration). Commercial preparation from liquid air.	Apparatus for liquefaction is not required, nor also details of fractionation of the liquid.
Properties and uses.	D—The burning of charcoal, sulphur, phosphorus, magnesium, sodium and iron. Testing the product with water and litmus.
(*b*) Oxide : may be gaseous, solid or liquid. Acidic and basic oxides.	
6. Nitrogen.	
Preparation (from air and from ammonium compound), properties. Atmospheric nitrogen is mixed with heavier and inert gases.	
7. Study of water.	
(*i*) Water as a solvent.	
(*a*) Solution. Separation of a solution into solute and solvent by evaporation, distillation, crystallisation etc.	Simple examples of fractional distillation will be included.

Course Content	*Notes*
Atmospheric gases dissolved in water, their biological significance.	The emphasis is on the solubility of gases in water.
Solvents for fats, oils, paints and lacquers.	No knowledge of the chemistry of the solutes or of the solvents is expected. The emphasis is on examples of solvents other than water.
(*b*) Saturated, Unsaturated and Supersaturated solutions.	D—Preparation of a supersaturated solution of sodium thiosulphate at the room temperature.
Concentration of solutions; solubility curves.	D—(*i*) Solubility at room temperature. (*ii*) Chart of apparatus for determination of solubility at temperatures higher and lower than room temperature.
(*c*) Qualitative study of the effects of temperature and pressure on solubility of gases in liquids; and of the effect of solutes on freezing and boiling points of solvents.	
(*d*) Colloidal solution and true solution.	Simple ideas of size of particles. Some everyday examples of colloids.
(*e*) Water of crystallisation. (Efflorescence and deliquescence).	D—Estimation of Water of crystallisation (e.g. of alum).
(*f*) Natural waters. Purification of water.	Mention to be made of hard and soft waters which will be studied later.

Course Content	*Notes*
(*ii*) Action of water on oxides of non-metals and metals.	
(*iii*) Water as a Compound.	
(*a*) Action of metals on water.	D—Action of sodium (evolved gas to be collected and burnt). Chart of action of steam on red-hot iron.
(*b*) Electrolysis of water. Composition by volume.	
(*c*) Composition of water by weight.	D—(*i*) Action of hydrogen on heated copper oxide. (*ii*) Chart of Dumas' experiment.
8. Hydrogen.	
(*a*) Preparation (from dilute acids and from water), properties and uses.	
(*b*) Reduction in terms of removal of oxygen or addition of hydrogen ; oxidation in terms of the reverse processes.	
(*c*) Nascent state (elementary idea only).	
9. (*a*) Atoms, Molecules, Elementary idea of atomic weight and molecular weight.	
Symbols, formulae, valency (definition and examples).	
(*b*) Percentage composition.	
(*c*) Calculation of empirical formula of a compound from its composition by weight.	
(*d*) Chemical equations.	
Simple calculations involving weights of substances in chemical reactions.	

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

(নবম মানের জন্য)

রসায়নের গোড়ার কথা

প্রথম ভাগ

(নবম মানের জন্য)

প্রথম অধ্যায়

বর্তমান জীবনযাত্রায় রসায়নের স্থান

(The Role of Chemistry in Modern Life)

রসায়নশাস্ত্র বিজ্ঞান-এর একটি বিভাগ। প্রাকৃতিক বিষয়ের সম্পূর্ণ ও শ্রেণীবদ্ধ জ্ঞানকে বিজ্ঞান বলে। জগতে নিত্য বহু বিচিত্র ঘটনা সংঘটিত হইতেছে। বৈজ্ঞানিক সেই সমস্ত ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য প্রাকৃতিক ঘটনাগুলির কার্যকারণ সম্বন্ধ নির্ণয় করিয়া থাকেন। গবেষণামূলক সূক্ষ্ম এবং সঠিক পর্যবেক্ষণ (Correct observation) এবং পরীক্ষা (Experiment) দ্বারা ও তৎসহ বিচারবুদ্ধি প্রয়োগে (Reasoning and inference) এই সমস্ত ইন্দ্রিয়লব্ধ জ্ঞানকে সুসংবদ্ধ করা হইয়া থাকে। তখন সেই নিয়মশৃঙ্খলাযুক্ত জ্ঞানই বিজ্ঞানের পর্যায়ে আসিয়া পড়ে।

জড় (Matter) এবং **শক্তি** (Energy):—বিজ্ঞানজগতে আমরা দুইটি জিনিষের প্রত্যক্ষ অনুভূতি উপলব্ধি করি। একটি **জড়** (Matter) এবং অন্যটি **শক্তি** (Energy)। জড় সম্বন্ধে কোন ধরাবাঁধা সূত্র দেওয়া সম্ভব নয়। জড়ের সম্বন্ধে প্রত্যেক মানবমনেরই একটি ধারণা আছে। তাই **জড়** বলিতে আমরা বুঝি যাহার ওজন আছে, যাহা স্থান দখল করিয়া থাকে এবং যাহার অস্তিত্ব আমাদের কোন ইন্দ্রিয়ের দ্বারা অনুভব করিতে পারা যায়। **শক্তি** বলিতে আমরা বুঝি ক্ষমতা, যাহা জড়ের উপর কার্য করিতে পারে। শক্তির ওজন নাই এবং স্থান দখল করে না। জল একটি জড় পদার্থ। ইহার নিজের কোন কাজ করিবার ক্ষমতা নাই। কিন্তু জলে তাপ দিলে তাহা বাষ্পে পরিণত হয় এবং বাষ্পের পরমাণু গতিশীল হইয়া উঠে। তখন সেই জলের বাষ্প এঞ্জিন চালাইতে সমর্থ হয়। এখানে তাপ শক্তি এবং তাহা জলের উপর প্রয়োগে জল কাজ করিবার ক্ষমতা প্রাপ্ত হয়।

বর্তমানে বিজ্ঞানের পরীক্ষালব্ধ জ্ঞান হইতে দেখান হইয়াছে যে জড় ও শক্তির ভিতর কোন প্রকৃতিগত বিভেদ নাই। শক্তিই হইল জড়ের উপাদান, কারণ ইলেকট্রন, যাহাদ্বারা জড় গঠিত, তাহা বৈদ্যুতিক ঢেউ মাত্র, আর জড়ের সম্যক্ বিয়োজন হইতে প্রভূত শক্তি পাওয়া যায়, যেমন আণবিক বোমায় (atom bomb) পাওয়া যায়। অতএব জড় এবং শক্তি একে অন্যতে পরিবর্তিত হইতে পারে।

রসায়ন (Chemistry) **:**—রসায়নশাস্ত্রে জড়ের (matter) গঠন ও তাহার গুণ, শক্তিপ্রয়োগে তাহার পরিবর্তন এবং এক জড়ের উপর অন্য জড়ের ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া আলোচিত হইয়া থাকে।

রসায়নের বিভাগ :—পঠন-পাঠনের সুবিধার জন্য রসায়নশাস্ত্রকে তিনটি প্রধান ভাগে বিভক্ত করা হইয়া থাকে। যথা—(ক) **অজৈব** (Inorganic) **রসায়ন,** যাহাতে খনিজ জড়পদার্থ ও অঙ্গারহীন (Carbonless) জড়পদার্থ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়। (খ) **জৈব** (Organic) **রসায়ন,** যাহাতে অঙ্গারযুক্ত উদ্ভিজ্জাত ও প্রাণিজাত পদার্থের বিষয় আলোচিত হইয়া থাকে। (গ) **ভৌত** (Physical) **রসায়ন,** যাহাতে রসায়নের মূল সূত্রগুলি এবং রাসায়নিক ক্রিয়ার উপর শক্তির প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়।

রসায়নের অবদান :—বর্তমান জগতে রসায়নের অবদান সম্বন্ধে আলোচনা করিতে গেলে আমরা দেখিতে পাই যে, বর্তমান সভ্যতার মূলে রহিয়াছে রসায়ন।

রসায়নশাস্ত্রের আলোচনালব্ধ জ্ঞান আমাদের প্রাত্যহিক জীবনযাত্রায় পদে পদে প্রয়োগ করা হইতেছে এবং তাহাতে আমাদের অনেক প্রকার সুখ-সুবিধা এবং স্বাচ্ছন্দ্য দেখা গিয়াছে।

(i) স্বাস্থ্যোন্নতি ও স্বাস্থ্যবিজ্ঞানে রসায়নের অবদান :—প্রথমতঃ, জীবনের প্রত্যেক ক্ষেত্রে জয়ী হইতে হইলে চাই সুস্থ দেহ এবং সংক্রামক ব্যাধির আক্রমণের দুশ্চিন্তা হইতে মুক্তি। এ বিষয়ে একমাত্র রসায়ন-বিজ্ঞানের প্রয়োগ আমাদের সাহায্য করিয়াছে। আমাদের পল্লীকে এবং গৃহকে রোগ-বীজাণু হইতে মুক্ত করিতে আমরা বর্তমানে ফিনাইল, ব্লিচিং পাউডার, লাইসল, ডেটল প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করি এবং আমাদের দৈনন্দিন জীবনে এই দ্রব্যগুলি অপরিহার্য হইয়া উঠিয়াছে। এ সমস্তই রাসায়নিক জ্ঞানপ্রয়োগে যথেষ্ট পরিমাণে উৎপন্ন করা হইতেছে। ম্যালেরিয়াবাহী অ্যানোফিলিস মশক ধ্বংস করিতে যে ডি. ডি. টি. (D. D. T.), ডাই-ক্লোরোডাইফিনাইল ট্রাই-ক্লোরোইথেন, ব্যবহৃত হইতেছে তাহাও রসায়ন-বিজ্ঞানের অবদান আমাদের শরীরের কোন স্থানে

আঘাত লাগিয়া ক্ষতের সৃষ্টি হইলে অথবা পুড়িয়া গেলে ডেটল, লিষ্টারিণ, আয়োডিন, আয়োডোফর্ম প্রভৃতি বীজাণুনাশক ঔষধ ব্যবহার করি; এই সমস্ত দ্রব্যও রসায়নশাস্ত্রের জ্ঞান প্রয়োগ করিয়া উৎপাদন করা হয়। সংক্রামক রোগ-প্রতিষেধক টিকার উৎপত্তিও রসায়নশাস্ত্রের গবেষণা হইতে হইয়াছে। আজকাল রোগ হইলে তাহার নিরাময় ব্যবস্থাও রসায়নশাস্ত্রের আলোচনালব্ধ জ্ঞান হইতে পাওয়া গিয়াছে। বর্তমানে পেনিসিলিন, ক্লোরোমাইসেটিন, ষ্ট্রেপটোমাইসিন, সলফা প্রভৃতি ঔষধ নানাবিধ দুরারোগ্য ব্যাধির চিকিৎসায় ব্যবহৃত হইতেছে এবং উক্ত ঔষধসমূহের প্রয়োগে টাইফয়েড, নিউমোনিয়া প্রভৃতি ব্যাধি অতি সহজে আয়ত্ত আনা সম্ভব হইয়াছে। উক্ত সমস্ত ঔষধই রাসায়নিকের রসায়নাগারে উৎপাদিত হইয়াছে। এই সকল ঔষধের সহিত সমস্ত সভ্য মানবই এখন পরিচিত। এই সকল রোগনিরোধী এবং রোগ নিরাময়কারী ঔষধসকলের আবিষ্কারের ফলে মানবসমাজের অনেক কল্যাণ সাধিত হইয়াছে এবং মানবের পক্ষে বর্তমানে রোগ-শোকের হাত হইতে নিস্তার পাওয়া যথেষ্ট পরিমাণে সম্ভব হইয়াছে। আবার অন্য দিকে ক্লোরোফর্ম, নভোকায়েন প্রভৃতি অবচেতক ও অসারক পদার্থ আবিষ্কৃত হওয়ার ফলে বিনা যন্ত্রণায় দুষ্ট ক্ষতে অস্ত্রোপচার সম্ভব হইয়াছে। কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Artificial radioactivity) আবিষ্কারের ফলে ক্যানসারের যন্ত্রণা হইতে সাময়িক অব্যাহতি পাইবার ব্যবস্থা হইয়াছে।

(ii) **খাদ্যসমস্যা সমাধানে রসায়নের অবদান**:—মানবের দ্বিতীয় প্রয়োজন হইল খাদ্য। এ বিষয়েও রসায়নশাস্ত্রের অবদান কম নয়। বর্তমান সভ্যতার সংঘাতে জমির উৎপাদিকা-শক্তি কমিয়া যাইতেছে। আবার, লোকসংখ্যা বৃদ্ধি হওয়ার ফলে খাদ্যশস্যের উৎপাদন বৃদ্ধি করাও প্রয়োজন হইয়া পড়িয়াছে। তাই জমির উৎপাদিকা-শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য জমিতে কৃত্রিম সার প্রয়োগ করা বিশেষভাবে প্রয়োজন হইয়াছে। তাই রসায়নের জ্ঞানের প্রয়োগে অ্যামোনিয়াম সলফেট, সুপার ফসফেট, নাইট্রোলাইম প্রভৃতি কৃত্রিম সার বহুল পরিমাণে উৎপাদিত হইতেছে। এই সমস্ত সার জমিতে প্রয়োজনমত যোগ করিয়া বর্তমানে খাদ্যশস্যের উৎপাদন বহুলপরিমাণে বৃদ্ধি করা সম্ভব হইয়াছে। আবার কীটপতঙ্গাদি অনেক খাদ্যশস্য নষ্ট করে। পঙ্গপালের হাত হইতে শস্য রক্ষা করিতে ডি. ডি. টি. (D. D. T.) এবং গ্যামাক্সেন (Gammexane) রসায়নশাস্ত্র-প্রয়োগে প্রস্তুত করিয়া যে ক্ষেত্রে পঙ্গপাল বসে তাহার উপর এরোপ্লেন হইতে

ছিটাইয়া দিয়া তাহাদের ধ্বংস সাধন করা হয়। ছত্রাকের আক্রমণ হইতে আঙ্গুরের গাছ রক্ষা করিতে তুঁতে বা কপার সলফেট ব্যবহার করা হয়। শস্যনষ্টকারী ইঁদুরের হাত হইতে শস্য রক্ষা করিবার জন্য ক্যালসিয়াম ফস্‌ফাইড (calcium phosphide) এবং অন্যান্য ঔষধ ব্যবহৃত হয়।

আবার, রাসায়নিকের প্রচেষ্টার ফলে বর্তমানে খাদ্য-সংরক্ষণেরও নানাবিধ উপায় উদ্ভাবিত হইয়াছে। এক বৎসরের প্রয়োজনাতিরিক্ত খাদ্যশস্য অন্য বৎসরের জন্য রাখিলে যাহাতে তাহা নষ্ট হইয়া না যায় তাহার জন্য রাসায়নিক দ্রব্যপ্রয়োগে তাঁহাকে সংরক্ষিত করার ব্যবস্থা করা হয়। তাহাতে যে বৎসরে খাদ্যশস্য কম হয় সেই বৎসরের চাহিদা অনেক পরিমাণে মেটান যাইতে পারে। ইহা ছাড়া, এক দেশের উৎপন্ন খাদ্য টাট্‌কা অবস্থায় অন্য দেশে পৌছাইয়া দেওয়া বর্তমানে রাসায়নিক দ্রব্যপ্রয়োগে যথেষ্ট পরিমাণে সম্ভব হইয়াছে। অস্ট্রেলিয়ার গুঁড়া দুধ ও মাখন, যবদ্বীপের আনারস, আমেরিকার আপেল প্রভৃতি যতদূর সম্ভব টাট্‌কা অবস্থায় আমরা প্রাপ্ত হইতেছি। এই সঙ্গে ইহাও উল্লেখযোগ্য যে, এই উপায়ে— এক ঋতুর খাদ্য অন্য ঋতুতে পাওয়া সম্ভব হইয়াছে এবং এক ঋতুতে উৎপন্ন প্রয়োজনাতিরিক্ত ফলমূলাদি খাদ্যদ্রব্য অপচয় না করিয়া সংরক্ষণ-পদ্ধতি প্রয়োগদ্বারা তাহা সংরক্ষণ করিয়া অন্য ঋতুতে তাহার সদ্ব্যবহার করা সম্ভব হইয়াছে।

(iii) **মানবের স্বাচ্ছন্দ্য, সুবিধা ও সুখবৃদ্ধিতে রসায়নের অবদান:** রসায়নশাস্ত্রের জ্ঞান প্রয়োগ করিয়া মানবের সুখ-সুবিধা এবং আনন্দ বিধানের ব্যবস্থাও বহুলপরিমাণে সম্ভব হইয়াছে।

প্রথমতঃ, অগ্নি উৎপাদন বিষয়ের কথাই ধরা যাউক। ইহা মানবের নিত্য-প্রয়োজন। আদিম যুগে দুই খণ্ড কাষ্ঠের ঘর্ষণ হইতে অগ্নি উৎপাদন করা হইত। পরে লৌহ ও পাথরের সাহায্যে অগ্নি উৎপাদিত হইত। ক্রমশঃ রসায়নশাস্ত্রের জ্ঞান প্রয়োগদ্বারা দিয়াশলাই প্রস্তুত প্রণালীর উদ্ভব হইল এবং বর্তমানে অতি সহজে অগ্নি উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে।

মানবদেহকে শীতাতপ হইতে রক্ষা করিতে বস্ত্রের প্রয়োজন এবং এই বস্ত্র মনলোভা করিতে রসায়নের অবদান কিছু কম নয়। রঙীন বস্ত্র উৎপাদনে যে নানাবিধ রং-এর প্রয়োজন তাহাও রসায়ন-বিজ্ঞানের গবেষণার দ্বারাই পাওয়া গিয়াছে। আবার, কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতের প্রণালী রসায়নাগারে গবেষণালব্ধ জ্ঞান হইতে পাওয়া গিয়াছে এবং তাহার প্রয়োগে কৃত্রিম রেশম বহুলপরিমাণে প্রস্তুত

করা সম্ভব হইয়াছে এবং সেই কৃত্রিম রেশম হইতে নানা প্রকার মনলোভা বস্ত্র প্রস্তুত করিয়া মানবের কাজে লাগান হইতেছে।

বর্তমানে দৈনন্দিন জীবনযাত্রায় সুখস্বাচ্ছন্দ্যের ব্যবস্থা করিতেও রসায়নশাস্ত্রের অবদান কিছু কম নয়। শীতের দিনে গরম এবং গরমের দিনে ঠাণ্ডা ঘরের ব্যবস্থা এবং প্রেক্ষাগৃহ ও যানবাহনে উক্ত প্রকার ব্যবস্থা (air-conditioning) রসায়নের জ্ঞানপ্রয়োগে সম্ভব হইয়াছে। আবার, আসবাবপত্র ও প্রসাধনের দ্রব্যাদি উৎপাদনে রসায়নবিজ্ঞানের দান কিছু কম নয়। ফটোগ্রাফ লইবার কাচের প্লেট এবং কাগজ, গ্রামোফনের রেকর্ড তৈয়ারিতে প্রয়োজনীয় প্লাষ্টিক, রেডিওর যন্ত্রপাতি নির্মাণের বিশেষ বিশেষ পদার্থ সমস্তই রসায়ন বিজ্ঞানীরা প্রস্তুত করিয়া না দিলে এই সমস্ত যন্ত্রপাতির আবিষ্কার ও প্রচলন সম্ভব হইত না। প্রসাধনের তৈল, স্নো, সাম্পু প্রভৃতিও রসায়ন-বিজ্ঞানের অবদান।

বর্তমানে সভ্যতার প্রধান উপকরণ ও সহায়ক হইল কাগজ। এই কাগজ প্রস্তুতে রসায়নশাস্ত্রের জ্ঞান যথেষ্ট সহায়তা করিয়াছে। পূর্বে মানবগণ হস্তদ্বারা অতি অল্পপরিমাণ হরিদ্রা রং-এর কাগজ প্রস্তুত করিতে পারিত। তাহাতে অতি সামান্য প্রকার চাহিদাই মেটান সম্ভব হইত। কিন্তু বর্তমানে যন্ত্রের সাহায্যে রাসায়নিক দ্রব্য প্রয়োগে কাগজের মণ্ড প্রস্তুত এবং রাসায়নিক পদার্থের সাহায্যে তাহাকে সম্পূর্ণরূপে সাদা অবস্থায় আনয়ন-দ্বারা বহুলপরিমাণে ভাল কাগজ তৈয়ারি করা সম্ভব হইয়াছে।

(iv) **শিল্পে উৎপাদন-বৃদ্ধিতে রসায়নের অবদান :**—ইহা ছাড়াও, আবশ্যকীয় অনেক জিনিস, যেমন বর্তমান সভ্যতার প্রত্যেক পদক্ষেপে প্রয়োজনীয় সলফিউরিক অ্যাসিড এবং লৌহ রসায়নশাস্ত্র-প্রয়োগে অতি অল্প সময়ে বহুল-পরিমাণে উৎপাদিত হইতেছে। রসায়নশাস্ত্রের জ্ঞানের সাহায্যে বর্তমান যান্ত্রিক উৎপাদন-সমস্যা উন্নততর করা সম্ভব হইতেছে। যে সলফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric acid) পণ্যদ্রব্য হিসাবে কিছুদিন পূর্বে একমাত্র চেম্বার পদ্ধতিদ্বারা উৎপন্ন হইত তাহা নিকৃষ্ট ধরণের এবং অনেক প্রকার প্রক্রিয়াদ্বারা তাহাকে সংশোধিত করিতে হইত। কিন্তু বর্তমানে নূতন সংস্পর্শ পদ্ধতি (contact process) প্রয়োগ-দ্বারা অতিঅল্প সময়ে অধিক পরিমাণ বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

মানবের আত্মরক্ষা তথা দেশরক্ষার প্রয়োজনে যুদ্ধাস্ত্র উৎপাদন করা প্রয়োজন।

সেই প্রয়োজনে যত প্রকার বিস্ফোরক দ্রব্য উৎপাদিত হইয়াছে, তাহা সমস্তই রসায়নশাস্ত্রের সাহায্যে। এককথায় বলিতে হইলে ইহা বলা যায়, যে-কোন দেশের শক্তি ও সমৃদ্ধি বিবেচনা করিতে হইলে দেখিতে হইবে যে, সে দেশে রসায়নশস্ত্রের পঠন-পাঠন ও প্রয়োগ কত দূর উন্নতিলাভ করিয়াছে। অধিকন্তু রসায়নশাস্ত্রের প্রয়োগের উন্নতিদ্বারা যে-কোন দেশের প্রাকৃতিক সম্পদকে যথাযথ কাজে লাগান সম্ভব হয়।

Questions

1. Explain what is understood by the science of Chemistry. What is the utility of studying the science of Chemistry to mankind ?

১। রসায়নশাস্ত্র বলিতে আমরা কি বুঝি? বর্তমানে রসায়নশাস্ত্র-পাঠের উপযোগিতা কি?

2. Write down what you know about the different subdivisions of Chemistry.

২। রসায়নশাস্ত্রের বিভিন্ন বিভাগ সম্বন্ধে কি জান লিখ।

দ্বিতীয় অধ্যায়

পদার্থের অবস্থাভেদ ও শ্রেণীবিভাগ

মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ

আমরা পদার্থের বিষয়ে জ্ঞান আমাদের বিভিন্ন ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে আহরণ করিয়া থাকি। পদার্থমাত্রেই জড়ের অন্তর্গত। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, জড়ের ওজন আছে, তাহা স্থান অধিকার করে এবং বলের (force) সাহায্যে তাহাকে গতিশীল করা যায়। এই সমস্ত গুণই পদার্থে বর্তমান। যখন একটি জড়কে অন্য একটি জড় হইতে আকৃতি (shape), আকার (size), আয়তন (volume) প্রভৃতি গুণ-দ্বারা পৃথক করা যায়, তখন প্রত্যেক বিভিন্ন জড়কে এক-একটি **পদার্থ** বা **বস্তু** (object or body) বলা হয়। বীকার (Beaker), পরীক্ষানল (Test tube),

বিউরেট (Burette), পিপেট (Pipette) কাচের তৈয়ারী বিভিন্ন পদার্থ। বাতাসা, কদমা, মিছরি, ছাঁচ, গ্লোবিউল (Globule) ইত্যাদি চিনিদ্বারা তৈয়ারী বিভিন্ন পদার্থ। কাচ বা চিনিকে যথাক্রমে পদার্থগুলির **উপাদান** বলে।

(ক) পদার্থের অবস্থাভেদ ঃ—পৃথিবীতে আমরা তিন প্রকার অবস্থায় পদার্থসমূহকে দেখিতে পাই, যথাঃ (1) **কঠিন**, (2) **তরল** ও (3) **বায়বীয়** (বা গ্যাসীয়) অবস্থা।

কঠিন পদার্থ ঃ—কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন ও আকৃতি আছে। একমাত্র বাহির হইতে বল প্রয়োগ করিলে তাহাদের আকৃতির পরিবর্তন হইতে পারে, অন্য উপায়ে নহে। লবণ, বালুকা; লৌহ, স্বর্ণ ইত্যাদি কঠিন পদার্থ।

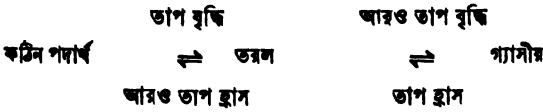
তরল পদার্থ ঃ—তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নাই, কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন আছে। ইহাদের যে পাত্রে রাখা যায়, ইহারা সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। একটি পাত্রের জল অন্য বিভিন্ন রকমের পাত্রে ঢালিলে তাহার আকৃতির পরিবর্তন হয় বটে, কিন্তু তাহার আয়তন একই থাকে। ইহা ছাড়া তরল পদার্থ সকল সময়েই নীচের দিকে গড়াইয়া যায় এবং তরল পদার্থের উপরিভাগ সর্বদা সমতল থাকে। জল, তৈল, পারদ ইত্যাদি তরল পদার্থ।

বায়বীয় বা গ্যাসীয় পদার্থ ঃ—বায়বীয় পদার্থের কোন প্রকার আকৃতিও নাই আয়তনও নাই। উহাদিগকে যে-কোন পাত্রে রাখা যাউক না কেন, উহারা স্বল্প-পরিমাণ হইলেও সেই পাত্রের সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে এবং পাত্রের আকৃতি গ্রহণ করিবে। বায়বীয় পদার্থের ও তরল পদার্থের ভিতর পাত্রের আকার গ্রহণ করা বিষয়ে একই প্রকার গুণ দেখা যায়। এইজন্য তরল পদার্থ ও বায়বীয় পদার্থ একই শ্রেণীতে ফ্লুইড (fluid) নামে অভিহিত হয়। তবে বায়বীয় পদার্থের সঙ্কোচন ও প্রসারণ-ক্ষমতা তরল পদার্থ অপেক্ষা অনেক বেশী। চাপপ্রয়োগের ফলে বায়বীয় পদার্থের সঙ্কোচন সংঘটিত হয়। কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বায়বীয় পদার্থের উপর চাপ যত বৃদ্ধি করা যায়, ততই তাহার আয়তন কমিয়া যায়। আবার, চাপ কমাইয়া দিলেই তাহার আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। বায়ু, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি বায়বীয় পদার্থ।

একই পদার্থ কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থায় থাকিতে পারে। যেমন জল প্রকৃতিতে তিন প্রকার অবস্থাতেই পাওয়া যায়ঃ বরফ (কঠিন), জল (তরল) এবং জলীয় বাষ্প (গ্যাসীয়)। কঠিন বরফকে উত্তাপ দিলে তাহা তরল জলে

রূপান্তরিত হয়। আবার, তরল জলকে উত্তপ্ত করিয়া ফুটাইলে তাহা বাষ্পে পরিণত হয়। সকল ক্ষেত্রেই উত্তাপের সাহায্যে প্রত্যেক পদার্থকেই কঠিন হইতে তরল এবং তরল হইতে বায়বীয় অবস্থায় আনয়ন করা যায়। তবে প্রত্যেক প্রকার কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক (melting point) বিভিন্ন এবং বিভিন্ন প্রকার তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) বিভিন্ন। সেই কারণে বিভিন্ন প্রকার পদার্থের অবস্থান্তর ঘটাইতে বিভিন্ন তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। যে তাপমাত্রায় জলকে বাষ্পে রূপান্তরিত করা যায়, তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী তাপমাত্রায় পারদকে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়।

পদার্থের অবস্থা পরিবর্তনের সাধারণ নিয়মটি চিত্রে নিম্নলিখিতভাবে দেখান যাইতে পারে :—

	তাপ বৃদ্ধি		আরও তাপ বৃদ্ধি	
কঠিন পদার্থ	⇌	তরল	⇌	গ্যাসীয়
	আরও তাপ হ্রাস		তাপ হ্রাস	

কতকগুলি কঠিন পদার্থ তাপসংযোগে তরল না হইয়াই একেবারে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয় ; যেমন, কর্পূর এবং আয়োডিন।

জড়ের গঠন, তথা পদার্থের গঠন সম্বন্ধে এই স্থলে কিছু জানা প্রয়োজন, কারণ এই গঠনবৈচিত্র্যের সহিত পদার্থের প্রকারভেদ ওতপ্রোতভাবে জড়িত।

অণু (Molecule) :—একখণ্ড খড়িমাটিকে যান্ত্রিক উপায়ে ভাগ করিতে করিতে এমন একটি ক্ষুদ্রতম অংশে উপনীত হওয়া যায়, যেখানে সেই সূক্ষ্মতম অংশটিতে খড়িমাটির সমস্ত ধর্ম দেখিতে পাওয়া যায়। সেই সূক্ষ্মতম অংশকে খড়িমাটির অণু বলে।

প্রত্যেক পদার্থেরই, কি যৌগিক, কি মৌলিক, সূক্ষ্মতম কণাকে তাহার অণু বলে। অণু স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে এবং পদার্থের উপাদানের মূল ধর্ম তাহাতে বজায় থাকে।

অণুগুলি অতিশয় ক্ষুদ্র ; 1 ফোঁটা জলে দেখা গিয়াছে যে $(10)^{18}$ সংখ্যক অণু থাকে। কোন পদার্থের ধর্ম বলিতে আমরা তাহার অণুর ধর্ম বুঝি।

পরমাণু (Atom) :—অণুগুলি আবার কতকগুলি আরও সূক্ষ্মতর কণাদ্বারা গঠিত হয়। এই কণাগুলিকে পরমাণু বলে।

পরমাণু কেবল মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম কণা। ইহাদের ধর্ম পদার্থের ধর্ম বা অণুর ধর্ম হইতে বিভিন্ন। রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ইহারাই অংশ গ্রহণ করে। অণুকে

রাসায়নিক উপায়ে ভাগ করিয়া পরমাণুতে পৌঁছান যায়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় যে, জলের ধর্ম ও জলের অণুর ধর্ম এক, কিন্তু জলকে রাসায়নিক উপায়ে বিশ্লেষিত করিয়া তাহার ভিতর বর্তমান যে দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়, জল হইতে তাহাদের ধর্ম বিভিন্ন। আবার হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের অণু ভাঙ্গিয়া তাহাদের পরমাণু পাওয়া যায় এবং হাইড্রোজেন অথবা অক্সিজেনের অণুর ধর্ম হইতে তাহাদের পরমাণুর ধর্ম পৃথক্।

অণুগুলি পদার্থের ভিতর পরস্পর গায়ে গায়ে লাগিয়া থাকে না। অণুগুলির মাঝে মাঝে অতি সূক্ষ্ম **ফাঁক** আছে। ফাঁকগুলিকে **আন্তরাণবিক অবকাশ** (**Intermolecular space**) বলিয়া অভিহিত করা হয়। চাপ বা তাপ-প্রয়োগে পদার্থের আয়তনের হ্রাস বা বৃদ্ধি ও জলে চিনি দ্রাবিত হইবার সময় জলের আয়তনের অপরিবর্তন—এই আন্তরাণবিক ফাঁকের অস্তিত্বের প্রকৃষ্ট প্রমাণ হিসাবে গ্রহণ করা হয়।

অণুগুলির দুইটি বৈশিষ্ট্য আছে। একটি হইতেছে তাহাদের পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করিবার ক্ষমতা। এই আকর্ষণক্ষমতা নির্দিষ্ট গণ্ডীর মধ্যে অণুগুলি থাকিলে দেখা যায়। এই আকর্ষণক্ষমতাকে **আণবিক আকর্ষণ বলে** (Intermolecular attraction) বলে। নির্দিষ্ট গণ্ডীর বাহিরে অবস্থিত অণুগুলি এই বলের দ্বারা অভিভূত হয় না। অপর বৈশিষ্ট্যটি হইল তাহাদের নিরন্তর গতি। অণুগুলি মোটেই স্থির নহে। ইহারা সর্বদাই একটি সীমারেখার ভিতর মাধ্যম অবস্থান (mean position) হইতে এ-দিক সে-দিক অতি দ্রুতবেগে চলাফেরা করে। এই গতির জন্য অপকেন্দ্র (Centrifugal) বলের উদ্ভব হয় এবং অণুগুলি পরস্পর হইতে দূরে যাইতে চেষ্টা করে। কিন্তু আকর্ষণবল অণুগুলিকে পরস্পর হইতে দূরে যাইতে বাধা দেয় এবং সর্বদা তাহাদিগকে কাছাকাছি আনিতে চেষ্টা করে।

এক্ষণে পদার্থের গঠনের এই বৈচিত্র্যের প্রতি মনঃসংযোগ করিলে আমরা বুঝিতে পারি যে, আণবিক আকর্ষণের গতিবেগের আপেক্ষিক পরিমাণের উপর পদার্থের তিন অবস্থা নির্ভর করে। যখন আণবিক আকর্ষণ খুব বেশী এবং আণবিক বেগ খুব কম, তখন পদার্থের অণুগুলি দৃঢ়ভাবে সন্নিবিষ্ট হয় এবং কঠিন পদার্থের উদ্ভব হয়। কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন ও আকৃতিও ইহার উপর নির্ভর করে। তরল পদার্থের আণবিক আকর্ষণ এবং বেগ প্রায় সমভাবাপন্ন, সেই কারণে তরলের অণুগুলি কঠিনের চেয়ে দূরে দূরে থাকে এবং তাহাদের **সংসক্তি** (Cohesion)

কম। সেইজন্যই তরলের কোন নির্দিষ্ট আকৃতি নাই। বায়বীয় পদার্থে আণবিক আকর্ষণ অপেক্ষা আণবিক বেগ অনেক বেশী। সেই কারণে তাহাদের অণুগুলি পরস্পর পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে চেষ্টা করে। ইহার জন্যই বায়বীয় পদার্থকে যে পাত্রে রাখা যায়, সে পাত্রের সমস্তটাই ভর্তি করিয়া অবস্থান করে।

(খ) পদার্থের ধর্মঃ—প্রত্যেক পদার্থের নিজ নিজ কতকগুলি ধর্ম বা গুণ আছে। কোন পদার্থকে জানিতে হইলে তাহার গুণাবলী আমাদের জানা প্রয়োজন। সাধারণতঃ কঠিন পদার্থ হইতে তরল পদার্থ সহজেই আমরা স্পর্শদ্বারা পৃথক করিতে পারি। আবার, এক তরল পদার্থের ভিতরই দুইটি তরলকে পৃথক ভাবে জানিতে হইলে তাহাদের স্পর্শ, বর্ণ, গন্ধ, দ্রাব্যতা প্রভৃতি গুণগুলির সাহায্য লওয়া হয়। যেমন জল ও সরিষার তৈল। জলের স্পর্শ তৈলের স্পর্শ হইতে বিভিন্ন। জল বর্ণহীন, সরিষার তৈলের বর্ণ হরিদ্রাভ। জলের কোন গন্ধ নাই, সরিষার তৈলের উগ্রগন্ধ আছে যাহা তাহার নিজস্ব। সরিষার তৈল জলে দ্রাব্য নয়। আবার, জলকে জল বলিয়া চিনিবার জন্য তাহার কতকগুলি গুণ জানা দরকার। যেমন জলের হিমাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 0° এবং 100° সেণ্টিগ্রেড; জলের দ্রবণক্ষমতা খুব বেশী এবং চিনি, লবণ প্রভৃতি দ্রব্য ইহাতে সহজেই দ্রাবিত হইয়া থাকে; জলে একটু সামান্য পরিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে ইহা অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসে রূপান্তরিত হয়। আবার, দুইটি কঠিন পদার্থ, যেমন, লৌহ ও স্বর্ণ, পৃথক্ করিতে তাহাদের বর্ণ, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, চুম্বকশক্তির প্রয়োগে লৌহের আকৃষ্ট হওয়া এবং স্বর্ণের সেই গুণের অভাব, ইত্যাদির সাহায্য লওয়া হয়।

রাসায়নিকেরা পদার্থের ধর্মগুলিকে দুই ভাগে বিভক্ত করিয়া আলোচনা করিয়া থাকেন, যথা (1) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) এবং (2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties)। **যে সকল ধর্ম হইতে পদার্থের কেবল বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহার অনুধাবন করা যায়, তাহাদিগকে পদার্থের ভৌত ধর্ম বলে**। যেমন, যখন আমরা বলি জল স্বচ্ছ এবং 100° সেণ্টিগ্রেড উত্তাপে ইহা বাষ্পে পরিণত হয়, তখন আমরা জলের ভৌত ধর্ম উল্লেখ করি, কারণ এই ধর্মদুইটির উল্লেখে জলের বাহ্যিক অবস্থা প্রকাশ করা হয় এবং বাষ্পে পরিণত হইলেও জলের মূলবস্তু একই থাকে।

পদার্থের ভৌত ধর্মাবলী নিম্নলিখিত বিষয়গুলি উল্লেখে বর্ণিত হয়, যথা (i) পদার্থের কঠিন, তরল-

ব গ্যাসীয় অবস্থা, (ii) উহার বর্ণ, (iii) উহার স্বাদ, (iv) উহার হিমাঙ্ক, গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক, (v) জলে বা অন্য তরলে উহার দ্রবণীয়তা, (vi) জল অথবা বায়ুর তুলনায় উহার গুরুত্ব, (vii) উহার চুম্বকদ্বারা আকর্ষিত অথবা বিকর্ষিত হওয়ার বিষয়, (viii) উহার তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহনের ক্ষমতা, (ix) প্রাণিদেহে উহার বিক্রিয়া প্রভৃতি।

কিন্তু যখন আমরা বলি যে সামান্য অ্যাসিডযুক্ত জলে বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পাওয়া যায় এবং জলে সোডিয়াম-এর টুক্‌রা ফেলিয়া দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং জলে ক্ষারের উৎপত্তি হয়, তখন আমরা জলের রাসায়নিক ধর্মের কথা বলি। কারণ, এই সকল ধর্মের অভিব্যক্তি-দ্বারা জল নূতন বস্তুতে পরিণত হয়। **তাই যে সকল ধর্ম হইতে পদার্থের ভিতরের বা গঠনের বিষয় অনুধাবন করা যায় তাহাদিগকে পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম বলে।** খড়িমাটিকে উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায় এবং একটি কঠিন পদার্থ পড়িয়া থাকে। কিন্তু এই দ্বিতীয় কঠিন পদার্থটি প্রথম খড়িমাটি হইতে বিভিন্ন, কারণ দুইটির গুণাবলী একেবারে বিভিন্ন। এইখানে খড়িমাটির রাসায়নিক ধর্মের কথা উল্লেখ করা হইল। সেই প্রকার, খড়িমাটিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে তাহা গলিয়া যায় এবং একটি বায়বীয় পদার্থের উদ্ভব হয়। ইহাও খড়িমাটির একটি রাসায়নিক গুণ।

পদার্থের রাসায়নিক ধর্মাবলীর বর্ণনা পদার্থটির উপর (i) জল, (ii) বায়ু, (iii) অ্যাসিড, (iv) ক্ষার এবং (v) উত্তাপের ক্রিয়া ও পদার্থটির পরিবর্তনের বিষয় উল্লেখ করিয়া দেওয়া হয়।

পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পরীক্ষাদ্বারা পদার্থটি কি তাহা বলা সম্ভব হয়। যেমন যে বর্ণহীন ও স্বাদহীন তরল পদার্থ 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় জমিয়া কঠিনে পরিণত হয় এবং 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটিয়া বাষ্পে পরিণত হয় তাহা জল। যে যে গ্যাসীয় পদার্থের ঝাঁঝালো গন্ধ আছে এবং শুঁকিলে চোখে জল আনিয়া দেয় তাহা অ্যামোনিয়া। যে ধাতু চুম্বকদ্বারা আকর্ষিত হয় তাহা লৌহ, নিকেল বা কোবাল্ট হইতে পারে।

(গ) ভৌত (Physical) ও রাসায়নিক (Chemical) পরিবর্তন :— যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবলমাত্র কতকগুলি বাহ্যিক গুণ,—যথা, অবস্থা, আকার, চুম্বক ও তড়িৎধর্ম প্রভৃতি পরিবর্তিত হয়, তাহাকে **ভৌত** বা **বাহ্যিক পরিবর্তন** বলে। এই পরিবর্তনে পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের কোন পরিবর্তন হয় না। দৃষ্টান্ত হিসাবে আমরা বলিতে পারি (1) জলকে শীতল করিলে বরফ হয় এবং উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু

এই স্থলে জলের অবস্থার প্রকারভেদ ঘটিয়াছে সত্য, কিন্তু জল, বরফ ও বাষ্পের অণুর গঠন একই থাকে। বাষ্পকে শীতল করিলেই জল পাওয়া যায় এবং বরফকে তাপদ্বারা গলাইয়া জল হয়। বস্তুতঃ এই প্রকার পরিবর্তনে পদার্থের মূলবস্তুর কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং ইহা জলের বাহ্যিক পরিবর্তন মাত্র। সেইরূপ, মোমবাতি উত্তাপদ্বারা গলাইলে যে তরল পদার্থ পাওয়া যায়, তাহার ও মোমবাতির রাসায়নিক গঠন একই। অতএব এখানেও ভৌত পরিবর্তন হইয়াছে। (2) বিদ্যুৎপ্রবাহের দ্বারা বৈদ্যুতিক বাল্‌বের ভিতর যে তারটি থাকে তাহাতে আলোক বিকিরণ করিবার ক্ষমতা সঞ্চার করা হয়। যখন বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় তখন তারের আলো দিবার ক্ষমতা চলিয়া যায়। এই পরিবর্তন তারের উপর সংঘটিত হয়, তাহাতে তারটি যে সকল অণুর দ্বারা গঠিত তাহাদের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল তারের বাহ্যিক অবস্থার ব্যতিক্রম হয়। অতএব তারের ইহা ভৌত পরিবর্তনমাত্র। (3) চুম্বকের সঙ্গে ইস্পাত ঘর্ষণ করিলে ইস্পাত চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়, কিন্তু ইস্পাতের গঠন বা রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন হয় না বা তাহা হইতে কোন নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থও উৎপন্ন হয় না। চুম্বকত্বপ্রাপ্ত ইস্পাত গরম করিলে তাহার চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। ইহা ভৌত পরিবর্তন। (4) প্লাটিনামের তারকে আগুনে ধরিলে তাহা উত্তপ্ত হয় এবং তাপমাত্রা ক্রমশঃ বৃদ্ধি করিলে তাহা প্রথমে লোহিত-তপ্ত (red hot), তাহার পর শুভ্র-তপ্ত (white hot) হয়। শীতল করিলে প্লাটিনামের তারের মূল বর্ণ ফিরিয়া আসে। এখানেও প্লাটিনামের অণুর কোন পরিবর্তন হয় না। ইহাও ভৌত পরিবর্তনের দৃষ্টান্ত।

যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুগুলি বদলাইয়া নূতন ধর্মবিশিষ্ট নূতন অণুর সৃষ্টি হয়, তাহাকেই **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে। যেহেতু অণুগুলি নূতন, সুতরাং যে পদার্থটি উৎপন্ন হয় তাহাও সম্পূর্ণ নূতন এবং তাহার ধর্মগুলিও পূর্বের পদার্থ হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন। দৃষ্টান্তস্বরূপ বলা যাইতে পারে: (1) যখন চুল্লীতে কয়লা জ্বালান হয় তখন কয়লা পুড়িয়া যায় এবং তাহা হইতে একপ্রকার গ্যাসীয় পদার্থ, কার্বন ডাই-অক্সাইড, উৎপন্ন হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড কয়লার কার্বনের পরমাণুর সহিত অক্সিজেনের পরমাণুর যোগে উৎপন্ন এবং ইহার ধর্ম কয়লার ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। এইখানে কয়লার রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হইয়াছে। (2) একখণ্ড লৌহকে বহু দিন ধরিয়া আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে, তাহার উপর মরিচা (rust) পড়ে। এই মরিচা লৌহ হইতে পৃথক পদার্থ। মরিচায় লৌহের সহিত বায়ুতে অবস্থিত

অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প যুক্ত হয়। মরিচায় অণুগুলি লৌহের অণু হইতে সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী। অতএব এইখানে লৌহের রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হইয়াছে। (3) যখন একটি তামার তার আগুনে উত্তপ্ত করা হয়, তখন তামার বর্ণ ক্রমশঃ পরিবর্তিত হয় এবং তামার তারের উপর কৃষ্ণবর্ণের পদার্থের আবরণ পড়ে। এই কৃষ্ণবর্ণ পদার্থটি তামার পরমাণুর সহিত বায়ুর অক্সিজেনের পরমাণুর সংযোগে উৎপন্ন। অতএব তামা হইতে এই কৃষ্ণবর্ণ পদার্থটি ভিন্নধর্মী। অতএব এখানে রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হইয়াছে। (4) এক টুকরা পাথুরে চুনে জল দিলে তাহা উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং ক্রমশঃ গুঁড়া হইয়া যায়। এই সময়ে এত উত্তাপ উদ্ভূত হয় যে, জল বাষ্পাকারে পরিণত হয়। এখানেও পাথুরে চুনের অণুগুলি — অণুতে রূপান্তরিত হয়। সেইহেতু ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
1. পদার্থের বাহ্যিক পরিবর্তন হয় মাত্র, আভ্যন্তরিক অণুগুলির গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।	1. পদার্থের ধর্মের আমূল পরিবর্তন হয়। পদার্থের অণুগুলি পরিবর্তিত হইয়া নূতন পদার্থের অণু সৃষ্টি করে।
2. ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী হয়। পরিবর্তনের কারণ (যথা চাপ বা তাপ) সরাইয়া লইলে পদার্থ পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে।	2. রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী। সহজে আর পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যাওয়া সম্ভব হয় না।
3. ভৌত পরিবর্তনে তাপের তারতম্য (thermal change) হইতেও পারে, নাও হইতে পারে।	3. রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপের তারতম্য হইবেই।
4. এই পরিবর্তনে কোন নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না।	4. এই পরিবর্তনে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইবেই।
5. ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না।	5. রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

পদার্থবিদ্যায় (Physics) পদার্থসমূহের ভৌত বা বাহ্যিক পরিবর্তনের বিষয়

আলোচিত হয়; রসায়নবিদ্যায় পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তনের বিষয় আলোচনা করা হয়।

রাসায়নিক পরিবর্তন রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সংঘটিত হয়। বিভিন্ন পদার্থের ভিতর যে ক্রিয়ার ফলে তাহাদের গঠন পরিবর্তিত হইয়া এক বা ততোধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয়, সেই ক্রিয়াকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** বলে। ধরা যাউক যে, ক ও খ এই দুইটি মৌলিক পদার্থদ্বারা গঠিত কখ একটি পদার্থ এবং গ ও ঘ মৌলিক পদার্থদ্বারা গঠিত গঘ অপর একটি পদার্থ এবং কখ এবং গঘ পদার্থ-দুইটির পরস্পরের উপর ক্রিয়ার ফলে কঘ এবং খগ পদার্থ-দুইটি উৎপন্ন হয়। এই ক্রিয়াকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** বলে। এস্থলে ধরা যায় যে, ক-এর **রাসায়নিক আসক্তি** বা টান (Chemical affinity) খ-এর চেয়ে ঘ-এর উপর বেশী বলিয়া এইরূপ নূতন ব্যবস্থাপন সম্ভব হয়। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের এই রাসায়নিক নির্বাচনী আসক্তিই সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার কারণ। আধুনিক রাসায়নিকেরা এই রাসায়নিক আসক্তিকে তড়িৎশক্তির উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া মনে করেন এবং তাহার মূলে রহিয়াছে পদার্থের ঋণাত্মক বিদ্যুৎকণা হইতে উৎপত্তিবাদ (Electronic Theory of Matter).

রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের জন্য কতকগুলি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। (1) **নিকট সংস্পর্শ** (Close contact)—দুই বা ততোধিক পদার্থকে সাধারণ উষ্ণতায় পরস্পরের সংস্পর্শে আনয়ন করিলেই রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং তাহার ফলে নূতন রাসায়নিক দ্রব্য সৃষ্ট হয়। যেমন, ফস্‌ফোরাস ও আয়োডিন একস্থানে রাখিলেই প্রবল ক্রিয়া হয়, আগুন দেখা দেয় এবং ফস্‌ফোরাস আয়োডাইড নামে ফসফোরাস ও আয়োডিনের রাসায়নিক যৌগ পদার্থ সৃষ্ট হয়। (2) **দ্রবণ**—নিকট সংস্পর্শ সংঘটিত হইলেও অনেক সময় রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় না। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$) এবং টার্টারিক অ্যাসিডের গুঁড়া কঠিন অবস্থায় মিশ্রিত করিলে কোন বিক্রিয়াই হয় না, কিন্তু উক্ত পদার্থদ্বয়ের মিশ্রণ জলে দেওয়া মাত্র দ্রাবিত হইয়া ফেনায়িত হইয়া উঠে এবং তাহাদের বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। (3) **তাপ**—তাপপ্রয়োগে রাসায়নিক ক্রিয়া ত্বরান্বিত করা হয়। অনেক সময় বিনা তাপে ক্রিয়াই হয় না। যেমন, লোহাচুর এবং গন্ধক মিশাইলে কোন ক্রিয়াই হয় না, কিন্তু লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে লৌহ ও গন্ধকের যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয়। (4) **আলো**—হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণকে

-আলোয় ধরিলে বিস্ফোরণ হয় এবং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের যৌগ পদার্থ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সৃষ্টি হয়। অন্ধকারে উক্ত মিশ্রণের কোন প্রকার পরিবর্তন হয় না। (5) **তড়িৎ**—তড়িৎশক্তির প্রয়োগে সংযোজন ও বিশ্লেষণ উভয় প্রকার রাসায়নিক ক্রিয়াই সম্পাদিত করা হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ তাহাদের সংযোজন আনয়ন করে এবং জল উৎপন্ন হয়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর তড়িৎপ্রবাহ প্রেরণ করিলে উহা সোডিয়াম ও ক্লোরিণে বিশ্লিষ্ট হয়। (6) **চাপ**—চাপপ্রয়োগে গন্ধক ও পারদ যুক্ত হইয়া মার্কারি সালফাইড নামে যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয়। (7) **শব্দ**—উচ্চ শব্দে অ্যাসিটিলিন গ্যাস বিশ্লিষ্ট হয় এবং কার্বন ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। (8) **অনুঘটক**—কতকগুলি দ্রব্য সামান্য পরিমাণে অন্য পদার্থের সংস্পর্শে থাকিয়া তাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার বেগকে পরিবর্তিত করে, অর্থাৎ হয় ত্বরান্বিত অথবা মন্দীভূত করে। কিন্তু রাসায়নিক ক্রিয়ার শেষে এই সকল পদার্থের ভর, গঠন ও ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। এই ঘটনাকে **অনুঘটন** (Catalysis) বলে এবং সামান্য পরিমাণে যে পদার্থ এই ঘটনায় ব্যবহৃত হয় তাহাকে **অনুঘটক** বলে। পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে তাহা অক্সিজেন নামক গ্যাস দিয়া থাকে, কিন্তু ঐ পরিবর্তন কেবলমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহারে অনেক পরিমাণ উত্তাপ দিলে সংঘটিত হয়। কিন্তু উক্ত পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত যদি সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে সামান্য উত্তাপ-প্রয়োগেই অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই রাসায়নিক ক্রিয়ার পর ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অপরিবর্তিত অবস্থায় পাওয়া যায়।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগঃ—আমরা এ জগতে বহুপ্রকার পদার্থ সদাসর্বদাই দেখিতে পাই। এক পদার্থ অপর পদার্থ হইতে সহজেই বিভিন্ন বলিয়া বুঝা যায়, কারণ প্রত্যেক পদার্থেরই নিজস্ব কতকগুলি ধর্ম আছে—যাহাদ্বারা তাহার পৃথক সত্তা সহজেই বোধগম্য হয়। আবার, এমন কতকগুলি পদার্থ আমরা ব্যবহার করি, যাহারা একই উপাদানে গঠিত কিন্তু ব্যবহারে তাহারা বিভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, ঘরের কড়ি, লাঙ্গলের ফাল, রেলের এঞ্জিন, বুনসেন দীপ প্রভৃতি বিভিন্ন পদার্থ একই উপাদান লোহদ্বারা প্রস্তুত।

পদার্থের শ্রেণীগত বিভাগ করিতে হইলে উহাদের উপাদানের কথাই সর্বপ্রথমে বিবেচ্য। কিন্তু জগতের পদার্থসমূহ, যাহা সদাসর্বদা আমাদের ব্যবহার করিতে হয়

তাহা একক একটি বিশুদ্ধ পদার্থ নয়। অনেক সময়ই তাহা বহু প্রকার বিশুদ্ধ পদার্থের মিশ্রণ (Mixture)। উদাহরণস্বরূপ দুধের কথা বলা যাইতে পারে। দুধে জল, স্নেহদ্রব্য, শর্করা, প্রোটিন প্রভৃতি অনেক প্রকার পদার্থ মিশিয়া আছে। বর্ষাকালে নদীর কর্দমাক্ত জলও ঐ প্রকার বহু বস্তুর মিশ্রণে উৎপন্ন। এক্ষণে আমাদের দেখিতে হইবে যে, মিশ্রিত বস্তুগুলি মিশ্রণের সমস্ত অংশে সমান অনুপাতে বর্তমান থাকে কিনা। দুধকে একটি কাচের পাত্রে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, দুগ্ধের বিভিন্ন অংশে জল বা প্রোটিন বা শর্করার পরিমাণ সমভাবেই আছে। কিন্তু নদীর কর্দমাক্ত জল একটি কাচের পাত্রে কিছুক্ষণের জন্য রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, পাত্রের নীচের দিকে কিছুটা মাটি ও বালি জমা হইয়াছে এবং তাহার পর পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, পাত্রের জলের উপরের অংশে মাটি ও বালির পরিমাণ নীচের অংশের মাটি ও বালির পরিমাণের সমান নহে। অতএব মিশ্র পদার্থ সাধারণতঃ দুই ভাগে বিভক্ত করা যায়। যে সকল মিশ্র পদার্থের বিভিন্ন অংশের বিভিন্ন গঠন ও বিভিন্ন ধর্ম দেখা যায়, তাহাদিগকে **অ-সমসত্ত্ব** (Heterogeneous) পদার্থ বলে। আর যে সকল পদার্থের বিভিন্ন অংশের একই গঠন এবং একই ধর্ম দেখা যায়, তাহাদিগকে **সমসত্ত্ব** (Homogeneous) পদার্থ বলে। যে সকল পদার্থ একটিমাত্র উপাদানে প্রস্তুত তাহারা সর্বদাই সমসত্ত্ব। অন্য কোন পদার্থের সহিত মিশ্রিত না থাকায় তাহাদিগকে বিশুদ্ধ (Pure) পদার্থ বলিয়া অভিহিত করা হয়। বিশুদ্ধ পদার্থসমূহকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যথা,—

মৌলিক পদার্থ বা **মৌল** (Element) ও
যৌগিক পদার্থ বা **যৌগ** (Compound).

মৌলিক পদার্থ বা **মৌল** :—যে পদার্থ হইতে কোন প্রকার রাসায়নিক বিশ্লেষণ-দ্বারা উহা হইতে ভিন্ন নূতন ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় নাই তাহাকে মৌলিক পদার্থ বলে। লৌহ, গন্ধক, পারদ, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থ। মৌলিক পদার্থের অণু একই জাতীয় পরমাণু-দ্বারা গঠিত। আজ পর্যন্ত এই জগতে ৯২টি মৌলিক পদার্থের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে।

যৌগিক পদার্থ বা **যৌগ** :—যে পদার্থ হইতে রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দুই বা ততোধিক সেই পদার্থ অপেক্ষা আরও সরল পদার্থ বা মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাকে যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বলে। অন্যভাবে বলিতে গেলে, দুই বা

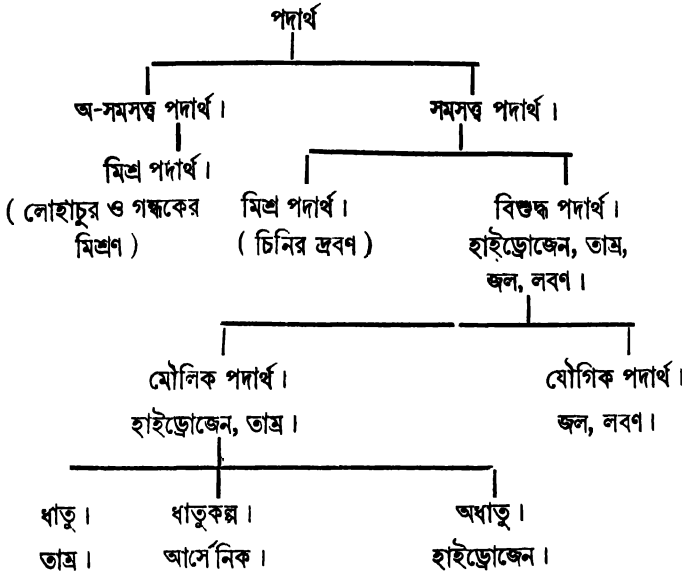
ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনে যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়, তাহাকে যৌগিক পদার্থ বলা হয়। এই দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলন নির্দিষ্ট অনুপাতে ঘটিয়া থাকে। যৌগিক পদার্থের অণু বিভিন্ন জাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত। যেমন, জল একটি যৌগিক পদার্থ—ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে উৎপন্ন এবং ইহাতে 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 8 ভাগ অক্সিজেন সর্বদাই যুক্ত থাকে।

প্রকৃতিতে অগণিত যৌগিক পদার্থ আছে এবং রসায়ন-বিজ্ঞানীরা প্রত্যহ তাঁহাদের পরীক্ষাগারে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সংযোগে নূতন নূতন যৌগিক পদার্থ গঠন করিতেছেন। পূর্বেই বলা হইয়াছে সর্বসমেত 92-টি মৌলিক পদার্থ এপর্যন্ত জানা গিয়াছে। এই 92-টি মৌলিক পদার্থের ভিতর দুই বা ততোধিক সংখ্যক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে জড় জগতের সমস্ত পদার্থই সৃষ্ট হইয়াছে।

মৌলিক পদার্থসমূহকে তিনভাগে বিভক্ত করা হয়, যথা, **ধাতু** (Metal), **অধাতু** (Non-metal) এবং **ধাতুকল্প** (Metalloid)। ধাতু পদার্থসমূহ সাধারণতঃ দ্যুতিসম্পন্ন, তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহী এবং প্রসার্যতা (ductility) ও অধিকতর ঘাতসহতা (malleability)-সম্পন্ন। ইহারা সাধারণতঃ অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন নামক গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন করে। এই গুণগুলি ছাড়াও ধাতব পদার্থের আরও কতকগুলি বিশেষ ধর্ম দেখা যায়। স্বর্ণ, রৌপ্য, তাম্র, সোডিয়াম, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতব মৌল পদার্থ। ধাতব পদার্থসমূহ প্রায়শঃই কঠিন হয়। কেবল পারদ তরল ধাতু। অন্যদিকে অধাতু পদার্থসমূহের সাধারণতঃ দ্যুতি নাই, তাহারা সাধারণতঃ তাপ এবং তড়িৎ পরিবহন খুব কমই করিয়া থাকে এবং তাহাদের প্রসার্যতা ও ঘাত-সহনশীলতা খুব কম। হাইড্রোজেন, ক্লোরিণ, ব্রোমিন, আয়োডিন, কার্বন, সলফার প্রভৃতি অধাতু পদার্থ। ইহারা কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়, তিন প্রকারই হইতে পারে, যেমন, হাইড্রোজেন গ্যাসীয় অধাতু মৌল, ব্রোমিন তরল অধাতু মৌল এবং আয়োডিন কঠিন অধাতু মৌল।

আবার, কোন কোন মৌল ধাতুও অধাতু পদার্থের ধর্মসমূহ কতক পরিমাণে দেখাইয়া থাকে। তাহাদিগকে **ধাতুকল্প** মৌল বলে। যেমন—আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি।

উপরে লিখিত বর্ণনা অনুসারে আমরা নিম্নলিখিতভাবে জড় জগতের পদার্থ-সমূহকে ভাগ করিতে পারি :-

নিম্নে একটি সংক্ষিপ্ত মৌলপঞ্জী অ-ধাতু, ধাতু ও ধাতুকল্প বিভাগে ভাগ করিয়া দেওয়া হইল। মৌলপঞ্জীতে মৌলের ইংরাজী নাম বাংলায় ও তাহার ইংরাজী সাঙ্কেতিক চিহ্ন দেওয়া হইল। উচ্চ বিজ্ঞান পড়িতে হইলে ইংরাজী সাঙ্কেতিক চিহ্ন জানিতেই হইবে। তাই প্রথম হইতেই সেগুলির সহিত পরিচিতি দরকার।

মৌলিক পদার্থের নাম	সাঙ্কেতিক চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব
হাইড্রোজেন	H	1·008
অক্সিজেন	O	16·000
নাইট্রোজেন	N	14·008
সলফার	S	32·066
কার্বন	C	12·01
ফস্‌ফোরাস্‌	P	30·98
ক্লোরিণ	Cl	35·457

ব্রোমিন	Br	79·916
আয়োডিন্	I	126·92
বোরন্	B	10·82
সিলিকন্	Si	28·06

ধাতু

সোডিয়াম্	Na	·22·997
পটাসিয়াম্	K	39 096
ক্যালসিয়াম্	Ca	40·08
ম্যাগনেসিয়াম্	Mg	24·32
অ্যালুমিনিয়াম্	Al	26·97
মার্কারী (পারদ)	Hg	200·6
জিঙ্ক (দস্তা)	Zn	65·38
আয়রণ (লৌহ)	Fe	55·85
টিন	Sn	118·4
লেড (সীসা)	Pb	207·22
কপার (তামা)	Cu	63·54
সিলভার (রূপা)	Ag	107·88
গোল্ড (সোনা)	Au	197·2
ক্রোমিয়াম	Cr	52·01

ধাতুকল্প

মৌলিক পদার্থের নাম	সাঙ্কেতিক চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব
আর্সেনিক	As	74·91
অ্যান্টিমনি	Sb	121·76

মিশ্র পদার্থ (Mechanical mixture) ও যৌগিক পদার্থ (Chemical Compound) :

মিশ্র পদার্থ :—দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে মিশাইলে তাহারা সাধারণভাবে মিশিয়া কেবলমাত্র পাশাপাশি অবস্থান করিতে পারে। তখন সেই মিশ্র পদার্থে প্রত্যেকটি পদার্থ যাহা তাহার উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে

তাহারা নিজ নিজ ধর্ম বজায় রাখিয়া যে-কোন ওজনের অনুপাতে মিশিয়া থাকিতে পারে। যেমন, বালু ও লবণ যে-কোন পরিমাণে একত্র-মিশ্রিত করিলে তাহা একটি মিশ্রদ্রব্য উৎপন্ন করে। তাহাতে বালু ও লবণ উভয়েরই ধর্ম ও গুণ বর্তমান থাকে। উক্ত মিশ্রণে জল দিলে লবণ দ্রাবিত হইবে এবং বালু পড়িয়া থাকিবে। তখন ঐ লবণের দ্রবণ এবং বালু অন্য একটি মিশ্রপদার্থ উৎপন্ন করিবে। এই দ্বিতীয় মিশ্রপদার্থ একটি কাচের পাত্রে কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রাখিয়া দিলে বালু দ্রবণের নিম্নে জমা হইবে এবং উপরে পরিষ্কার লবণের দ্রবণ থাকিবে। তখন পাত্রটি হইতে নিম্নে অবস্থিত বালুকে না নাড়িয়া উপর হইতে ধীরে ধীরে লবণের দ্রবণকে অপর পাত্রে ঢালিয়া লওয়া যাইবে। অতএব জলের সাহায্যে বালুকে লবণ হইতে পৃথক করা যায়। লবণের দ্রবণকে ফুটাইয়া বাষ্পাকারে জল তাড়াইয়া দিলে লবণ ফিরিয়া পাওয়া যাইবে। পরিত্যক্ত বালুকে বার বার জল দ্বারা এইভাবে ধৌত করিলে লবণমুক্ত করা যাইবে।

যৌগিক পদার্থ:—দুই বা ততোধিক পদার্থ যখন একত্রিত হইয়া পরস্পরের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে, তখন সেই প্রকার বিক্রিয়াকে রাসায়নিক সংযোগ বা মিলন (Chemical Union) বলে। যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি এইভাবে হইয়া থাকে, তাহাই যৌগিক পদার্থ। যৌগিক পদার্থ যে যে উপাদান হইতে তৈয়ারী হয় সেই সেই উপাদানের ধর্ম তাহাতে থাকে না, তাহার নিজস্ব অন্য ধর্ম তাহাতে দেখা দেয়। আর তাহার উপাদানগুলি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে উক্ত যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। যৌগিক পদার্থ হইতে তাহার উপাদানগুলি সহজে ও স্থূল উপায়ে পৃথক করা মোটে সম্ভব হয় না। যেমন একখণ্ড সাদা ফস্‌ফোরাস্ ও একখণ্ড আয়োডিন একটি লৌহনির্মিত থালায় একত্রিত করিলে তৎক্ষণাৎ আগুন জ্বলিয়া উঠিবে এবং তাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইবে। এই নূতন পদার্থে আয়োডিন বা ফস্‌ফোরাসের কোন ধর্মই দেখা যাইবে না। আমরা জানি আয়োডিন কার্বন ডাইসলফাইড নামক তরল পদার্থে বেগুনী রং-এর দ্রবণে পরিণত হয়। কিন্তু নূতন পদার্থটিতে কার্বন ডাইসলফাইড ঢালিয়া নাড়িলে একটুও আয়োডিনের দ্রবণ প্রস্তুত হয় না। আর পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, উক্ত নূতন পদার্থে ফস্‌ফোরাস্ ও আয়োডিন নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে আছে।

মিশ্রপদার্থ ও যৌগিক পদার্থের একটি তুলনামূলক আলোচনা উদাহরণ-সহ নিম্নে দেওয়া হইল।

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
1. মিশ্রপদার্থের উপাদানগুলি পাশা-পাশি মিশিয়া থাকে।	1. যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া অন্য নূতন পদার্থে পরিণত হয়।
উদাহরণ :—খানিকটা লোহাচুর ও অনেকটা গন্ধক চূর্ণ একখানি কাগজের উপর লইয়া বেশ করিয়া মেশান হইল। লোহাচুরের বর্ণ কালো এবং গন্ধকের বর্ণ হলুদে; দুইটি পদার্থ ভালভাবে মিশ্রিত করার পর মিশ্রণের বর্ণ উভয়ের বর্ণের মাঝামাঝি হয়। আর ভালভাবে উক্ত পদার্থ দুইটিকে মেশানর পর লোহাচুর বা গন্ধক পৃথকভাবে চোখে পড়িবে না। কিন্তু একখানি অতসী কাচ (বিবর্দ্ধক লেন্স) দিয়া দেখিলে দেখা যাইবে যে, লোহার ও গন্ধকের গুঁড়া পাশা-পাশি বর্তমান রহিয়াছে।	**উদাহরণ** :—ঐ লোহাচুর ও গন্ধকের গুঁড়ার মিশ্রণ একটি কাচের পরীক্ষানলে লইয়া যদি বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হয়, তাহা হইলে লোহাচুর ও গন্ধকের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে এবং তাহার ফলে নূতন পদার্থ, যাহা আয়রণ সলফাইড নামে অভিহিত, তাহা উৎপন্ন হইবে। রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে উত্তাপ উদ্ভূত হইবে এবং দ্রব্যটি হইতে আলোক বিচ্ছুরিত হইবে।
2. মিশ্রণের ধর্ম তাহার উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টিমাত্র। অন্য কোন নূতন ধর্ম তাহাতে দেখা যায় না।	2. যৌগিক পদার্থের ধর্ম তাহার উপাদানগুলির ধর্ম হইতে একেবারে পৃথক। উপাদানগুলির ধর্ম তাহাতে মোটেই দেখা যায় না।
উদাহরণ : ঐ লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণ লইয়া পরীক্ষা দ্বারা এই উক্তির সত্যতা প্রমাণিত হয়। আমরা	**উদাহরণ** : উক্ত লোহাচুর ও গন্ধক হইতে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থ আয়রণ সলফাইড লোহা ও গন্ধক

মিশ্র পদার্থ

জানি যে, লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। আর গন্ধক কার্বন ডাই-সলফাইড নামক তরল পদার্থে দ্রাব্য হয়। এক্ষণে লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণকে একখানি কাগজের উপর ছড়াইয়া দিয়া একটি চুম্বক তাহার নিকট আনিলে লোহাচুর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া তাহার গায়ে লাগিয়া যাইবে। আর একটু ঐ মিশ্রণ কাচের পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহাতে একটু কার্বন-ডাইসলফাইড ঢালিয়া নাড়িলে গন্ধক তাহাতে দ্রাবিত হইবে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, মিশ্রণে লোহাচুর ও গন্ধকের ধর্ম পৃথক্ ভাবে বর্তমান আছে। আর এই মিশ্রণ একটি পরীক্ষানলে লইয়া তাহাতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড দিলে লোহাচুর গলিয়া যায় এবং একটি গ্যাসীয় পদার্থের উৎপত্তি হয় যাহার কোন গন্ধ নাই।

3. মিশ্র পদার্থ সমসত্ত্বও হইতে পারে, অ-সমসত্ত্বও হইতে পারে।

উদাহরণ: লবণের দ্রবণ লবণ ও জল মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণ সমসত্ত্ব-বিশিষ্ট। কিন্তু লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণ অসমসত্ত্ব, কারণ মিশ্রণের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন ধর্ম দেখা যায়।

যৌগিক পদার্থ

হইতে পৃথক ধর্মবিশিষ্ট। পরীক্ষা-নল হইতে ঐ দ্রব্য বাহির করিয়া চূর্ণ করা হইলে দেখা যাইবে চূর্ণের বর্ণ মিশ্রণের বর্ণ হইতে একেবারে পৃথক্। ঐ পদার্থের চূর্ণ একখণ্ড কাগজের উপর ছিটাইয়া তাহার নিকট চুম্বক লইয়া আসিলে চুম্বকের গায়ে কোন লোহাচুর লাগে না। ঐ চূর্ণের একটু একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহাতে কার্বন ডাইসলফাইড ঢালিয়া নাড়িলে একটু গন্ধকও তাহাতে দ্রাবিত হইয়া আসে না। আর এই যৌগিক পদার্থ সামান্য পরিমাণে একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহাতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে পদার্থটি দ্রাবিত হয় এবং এমন একটি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় যাহার গন্ধ পচা ডিমের মত। কাজেই লোহাচুর হইতে ইহার ধর্ম একেবারেই পৃথক।

3. যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব হইয়া থাকে।

উদাহরণ: আয়রণ সলফাইড গুঁড়া করিলে তাহার যে-কোন অংশ সমসত্ত্ব-বিশিষ্ট দেখা যাইবে।

মিশ্র পদার্থ

4। মিশ্র পদার্থের উৎপাদনে সাধারণতঃ তাপের তারতম্য হয় না।

উদাহরণ: লোহাচুর ও গন্ধক মিশাইবার সময় কোন প্রকার তাপের তারতম্য দেখা যায় না।

কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রাবিত করিবার সময় জলের উষ্ণতা কমিয়া যায়। এখানে জলের ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয়, কিন্তু তাহাতে তাপ শোষিত হয়।

5। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি যে-কোন অনুপাতে মিশিয়া থাকিতে পারে।

উদাহরণ: যে-কোন পরিমাণ লোহার গুঁড়া যে কোন পরিমাণ গন্ধকের গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া মিশ্রণ তৈয়ারী হয়।

6। মিশ্র পদার্থের উপাদান-গুলিকে সহজে এবং স্থূল উপায়ে পৃথক্ করা যায়।

উদাহরণ: লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণ হইতে চুম্বক দ্বারা লোহাচুর ও কার্বন ডাইসলফাইডে দ্রাবিত করিয়া গন্ধক পৃথক করা যায়।

7। মিশ্র পদার্থ কঠিন বা তরল হইলে তাহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক (melting point) বা স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) থাকে না।

যৌগিক পদার্থ

4। যৌগিক পদার্থ উৎপাদনের সময় তাপের তারতম্য হইবেই।

উদাহরণ: লোহাচুর ও গন্ধক যখন রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা যৌগিক পদার্থ উৎপাদন করে, তখন প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয় এবং নূতন যৌগিক পদার্থ হইতে আলোক বিচ্ছুরিত হইতে দেখা যায়।

5। যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলি সর্বদা নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত থাকে।

উদাহরণ: আয়রণ সলফাইডে সর্বদা 56 ভাগ লোহার সহিত 32 ভাগ গন্ধক সংযুক্ত থাকে দেখা যায়।

6। যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলিকে সহজ ও স্থূল উপায়ে পৃথক করা সম্ভব নয়।

উদাহরণ: লোহা ও গন্ধকের যৌগিক পদার্থ আয়রণ সলফাইড হইতে চুম্বক দ্বারা কোন প্রকারেই লোহা পৃথক করা সম্ভব নয় এবং কার্বন ডাইসলফাইডে কোন গন্ধকও দ্রাবিত হইয়া আসে না।

7। বিশুদ্ধ যৌগিক কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক এবং তরল পদার্থের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকে।

Questions

1. (*a*) Explain the difference between "atom" and "molecule", illustrating the point with suitable examples.

(*b*) On what properties of atoms and molecules do the three states of matter depend ?

(*c*) How can the physical state of matter be changed ?

১। (ক) পরমাণু এবং অণুর ভিতর যে প্রভেদ বিদ্যমান তাহা ব্যাখ্যা কর এবং উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

(খ) পরমাণু ও অণুর কোন্ কোন্ ধর্মের উপর পদার্থের তিন অবস্থা নির্ভর করে ?

(গ) পদার্থের ভৌতিক অবস্থার পরিবর্তন কিভাবে সংঘটিত করা যায় ?

2. What do you understand by physical and chemical changes ? Illustrate by suitable examples. To what classes the following changes belong ?

(*a*) Sugar is dissolved in water,

(*b*) A platinum wire is heated.

(*c*) A copper wire is heated.

(*d*) Mercuric oxide is heated.

(*e*) Magnesium oxide is heated.

(*f*) Iron nails, on being kept exposed to the atmosphere, rust.

(*g*) Wax is melted by the application of heat.

(*h*) A candle is lighted.

২। ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন কাহাকে বলে ? উদাহরণ দিয়া বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে পরিবর্তনগুলি কোন্ কোন্ শ্রেণীতে পড়িবে ?

(ক) চিনি জলে দ্রবীভূত করা হইল।

(খ) প্লাটিনামের তারে উত্তাপ দেওয়া হইল।

(গ) তামার তারে উত্তাপ দেওয়া হইল।

(ঘ) মার্কিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করা হইল।

(ঙ) ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে তাপ দেওয়া হইল।

(চ) লোহার পেরেক বাহিরে ফেলিয়া রাখায় মরিচা ধরিল।

(ছ) মোম তাপ দ্বারা গলান হইল।

(জ) মোমবাতি জ্বালান হইল।

3. Define an element and a compound. Give two examples of each.

৩। মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ কাহাকে বলে? দুইটি করিয়া উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

4. Classify the following substances as elements or compounds :—
Common salt, sugar, milk, sulphur, vermilion, nitre, iron powder.

৪। নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থে ভাগ কর :—
খাদ্যলবণ, চিনি, দুধ, গন্ধক, সিন্দুর, সোরা, লোহাচুর।

5. Explain, with examples, the differences existing between a mechanical mixture and a chemical compound.

৫। মিশ্রণ ও যৌগিকের প্রভেদ উদাহরণ সহকারে বর্ণনা কর।

6. Describe the method to be followed for separating the constituents of the following mixtures :—
Sand and sugar; Iron filings and sulphur; Iodine and earthy matter; Common salt and broken glass.

৬। নিম্নলিখিত মিশ্রণগুলির উপাদানসমূহ পৃথক করার পদ্ধতি সম্পূর্ণরূপে বর্ণনা কর :—
চিনি ও বালি; লোহাচুর ও গন্ধক; আয়োডিন ও মাটি; খাদ্যলবণ ও কাচের গুঁড়া।

7. State the factors which are responsible for chemical action. Illustrate each of the statement by a suitable example.

৭। কোন্ কোন্ শক্তির সাহায্যে রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়? উদাহরণ দিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রে বুঝাইয়া দাও।

তৃতীয় অধ্যায়

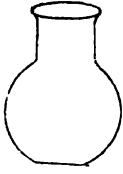
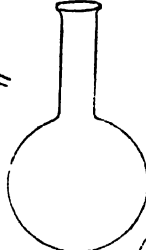
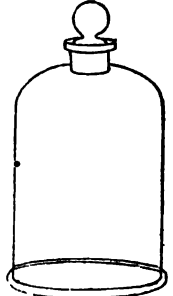
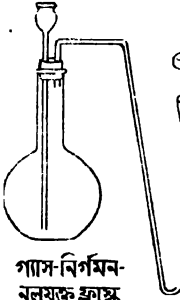
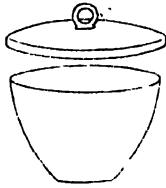
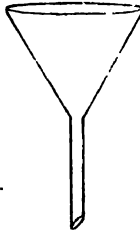
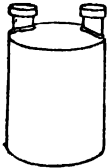
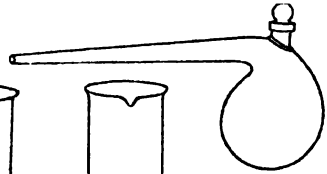
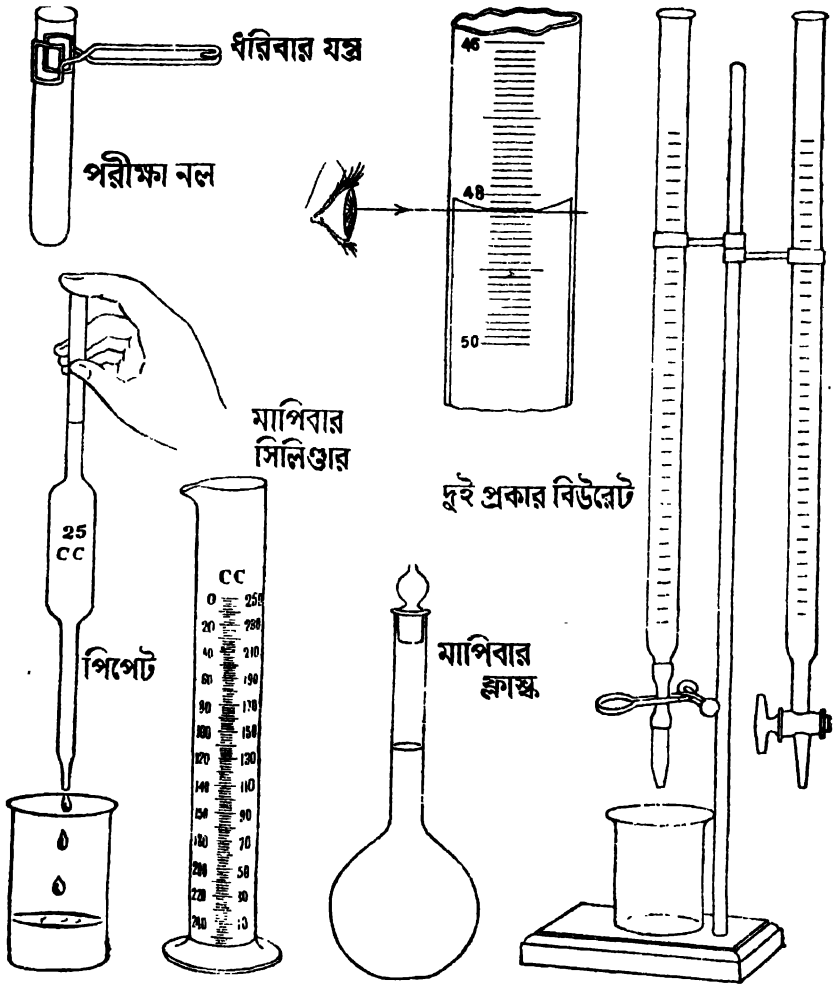
সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালী

(Common Laboratory Processes)

যখন একটু চিনি একটি কাচের পাত্রে অবস্থিত জলে মিশাইয়া দেওয়া হয়, তখন চিনি আর দেখা যায় না। তবে উক্ত চিনি-মিশ্রিত জল আস্বাদন করিলে তাহাতে চিনির অস্তিত্ব বুঝা যায়। সেইরূপ সোরা (Nitre) জলে দিলে তাহা ধীরে ধীরে জলের সহিত মিশিয়া যায়। এইভাবে চিনি ও জলের বা সোরা ও জলের মিশ্র পদার্থ উৎপন্ন হয়। কিন্তু যদি বালুকা বা মাটি জলে দিয়া তাহাকে গলাইতে চেষ্টা করা হয়, তবে দেখা যায় তাহা জলের সহিত মিশিয়া যায় না। তাহা হইলে আমরা দেখিতে পাই যে, কতকগুলি জিনিষ জলে গলিয়া যায়, কতকগুলি জিনিষ জলে দ্রবণীয় নয়। কোন পদার্থ জলে বা অন্য কোন তরল পদার্থে দ্রাব্য কিনা তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বুঝা যাইতে পারে—

একটি পরীক্ষা-নলে কিছুটা তরল লইয়া তাহাতে সামান্য পরিমাণ কঠিন পদার্থ ফেলিয়া পরীক্ষা-নলটি কিছুক্ষণ ঝাঁকাইতে হইবে। তাহার পর ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া কঠিন পদার্থ সমেত তরলটি ছাঁকিয়া লইতে হইবে। এই পরিস্রুত তরলের সামান্য কয়েক ফোঁটা পোর্সিলেন পাত্রে ধরিয়া উত্তাপ দ্বারা তরল পদার্থকে বাষ্পীভূত করিয়া তাড়ান হয়। তখন যদি পাত্রে কিছু কঠিন পদার্থ পড়িয়া থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে, কঠিন পদার্থটি উক্ত তরল পদার্থে দ্রাব্য (soluble)। যদি কোন কিছু পড়িয়া না থাকে, তবে কঠিন পদার্থটি উক্ত তরল পদার্থে অদ্রাব্য (insoluble)।

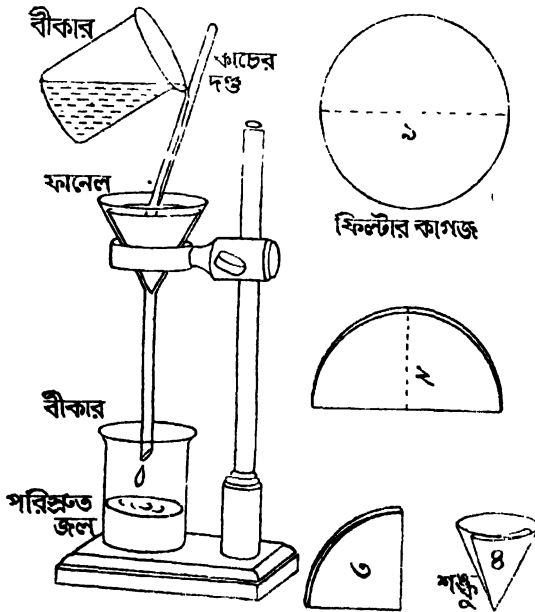
অদ্রাব্য কঠিন পদার্থকে তরল পদার্থ হইতে পৃথকীকরণ ঃ—

একটি কাচের পাত্রে জল লইয়া তাহাতে কিছুটা কাদামাটি গুলিয়া দিলে কর্দমাক্ত জল উৎপন্ন হয়। বর্ষাকালে নদীর জল কর্দমাক্ত হয়। এই অবস্থায় জলে কাদার কণাসমূহ প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। ঐ কর্দমাক্ত জল কাচের পাত্রে কিছুক্ষণ স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, কাচের পাত্রের তলায় প্রলম্বিত কাদার কণাগুলি থিতাইয়া জমা হইয়াছে। ক্রমশঃ কাচের পাত্রস্থিত জল উপরের দিকে পরিষ্কার হইতে থাকে এবং কিছুটা সময় দিলে বেশ পরিষ্কার জল দেখা যাইবে।

কনিক্যাল ফ্লাস্ক
সমতল ফ্লাস্ক
পাতন ফ্লাস্ক
গোলতল ফ্লাস্ক
মাপের ফ্লাস্ক
বেলজার
গ্যাস-নির্গমন-নলযুক্ত ফ্লাস্ক
মুচি বা মুষা
ফানেল
লম্বানল বিশিষ্ট ফানেল
ড্রপিং ফানেল
খল-নুড়ি
উলফের বোতল
খর্পর
বীকার
মুখযুক্ত বীকার
বকযন্ত্র

তরল মাপিবার যন্ত্রসমূহ

তখন কাচের পাত্রের নিম্নে অবস্থিত অদ্রাব্য কঠিন পদার্থকে না নাড়িয়া উপরের এই পরিষ্কার জলকে ধীরে ধীরে অপর একটি কাচের পাত্রে ঢালিয়া নেওয়া যাইতে পারে।

তরলে প্রলম্বিত অদ্রাব্য ভারী কঠিন পদার্থকে এইভাবে পাত্রের তলদেশে জমিতে দেওয়ার প্রণালীকে **থিতান** (Sedimentation) বলে। অদ্রাব্য ভারী কঠিন পদার্থ যাহা পাত্রের তলায় থিতাইয়া জমা হয়, তাহাকে **গাদ** বা **কল্ক** (Sediment) বলে। আর এই গাদ বা কল্ককে না নাড়িয়া যতদূর সম্ভব পাত্রের উপরের পরিষ্কার তরলকে ধীরে ধীরে অন্যপাত্রে অপসারণের প্রণালীকে **আস্রাবণ** (Decantation) বলা হয়।

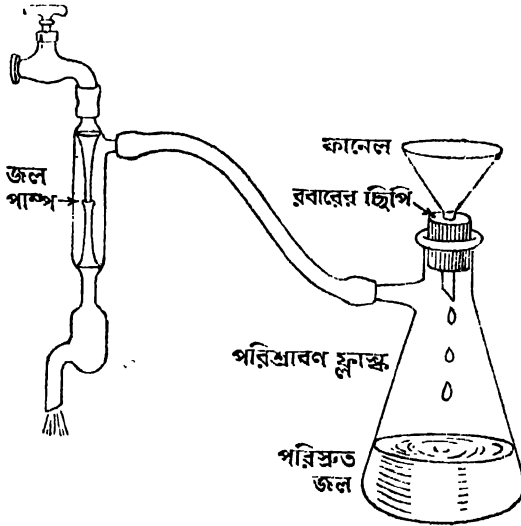
অন্য আর এক প্রকারেও অদ্রাব্য ভারী বা হাল্কা কঠিন পদার্থকে তরল পদার্থ হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক্ করা যায়। এই দ্বিতীয় প্রণালীকে **ছাঁকন** বা **পরিস্রাবণ** (Filtration) বলা হয়।

চিত্র নং—1

একখানা ফিলটার কাগজকে দুইবার পর পর অর্ধেক ভাঁজ করিয়া তিনভাঁজ একদিকে এবং একভাঁজ আর একদিকে লইয়া একটি শঙ্কু (cone) গঠন করা হয়। শঙ্কু একটি ফানেলের মধ্যে বসাইয়া জল ঢালিয়া ফিলটার কাগজখানি আঙ্গুল দিয়া সমানভাবে বসান হয়। তাহার পর ফানেলটি একটি আংটায় (ring) ছবিতে দেখান মত বসান হয়। তৎপরে ফানেলের নীচে একটি কাচের পাত্র এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ফানেলের সরু দণ্ড পাত্রের গায়ে লাগিয়া থাকে। ইহার পর একটি লম্বভাবে ধৃত কাচের দণ্ডের (Glass rod) গা বাহিয়া কাদাগোলা জল (muddy water) ফানেলে যে দিকে তিনভাঁজ কাগজ থাকে সেই দিকে ঢালিয়া দেওয়া হয়। জল ফিলটার কাগজের ছিদ্রের (pores) ভিতর দিয়া গলিয়া নীচের পাত্রে জমা হয়। অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ কাগজে আটকাইয়া থাকিয়া যায়। ইহার কারণ ফিলটার কাগজে অসংখ্য অতিশয় সূক্ষ্ম ছিদ্র আছে, সেই ছিদ্রের ভিতর দিয়া তরল পদার্থ চলিয়া যাইতে পারে, কিন্তু ছিদ্রগুলি এত সূক্ষ্ম যে, কঠিন পদার্থের কণা তাহার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইতে পারে না।

অতএব **ছাঁকন** বা **পরিস্রাবণ** (filtration) বলিতে বুঝা যায়—যে-কোন সচ্ছিদ্র দ্রব্যের [যথা, ফিলটার কাগজ, কাচের পশম (Glass wool), এ্যাসবেসটস (Asbestos), বালির স্তর, ক্যান্‌ভাস] সাহায্যে অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ হইতে তরল পদার্থকে পৃথকীকরণ। নিম্নের কাচের পাত্রে যে পরিষ্কার তরল জমা হয় তাহাকে **পরিস্রুৎ** (filtrate) বলে এবং ফিলটার কাগজের উপর যে অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ জমা হয় তাহাকে **অবশেষ** (residue) বলে।

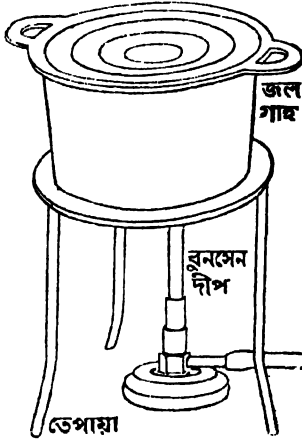
পরীক্ষাগারে সময় সময় **দ্রুত পরিস্রাবণ** (Rapid filtration) আবশ্যক হয়। তখন দ্রুত ছাঁকিবার জন্য সচ্ছিদ্র তলদেশযুক্ত পোর্সিলেন ফানেল ব্যবহার করা হয়। একটি পার্শ্বে নলযুক্ত কাচের ফ্লাস্কের মুখে রবারের ছিপি (Rubber Cork) লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া পোর্সিলেন ফানেলটি এমনভাবে লাগান হয় যাহাতে ফ্লাস্কটি বায়ু-নিরুদ্ধ (Air-tight) হয় (2নং চিত্র দেখ)। ফানেলের ছিদ্রযুক্ত তলদেশের উপর ফিলটার কাগজ এমনভাবে বসান হয় যেন সমগ্র তলদেশ ফিলটার কাগজ দ্বারা আবৃত হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্বনল একটি পাম্পের সহিত যুক্ত করিয়া দেওয়া হয় যেমন ছবিতে দেখান হইল। তাহার পর যে মিশ্রিত তরল পদার্থকে ছাঁকিতে হইবে তাহা পোর্সিলেন ফানেলে ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং পাম্প চালাইয়া

দেওয়া হয়। পাম্প চালাইলে ফ্লাস্কের মধ্যের বায়ুর চাপ কমিয়া যায় এবং দ্রুতভাবে পরিস্রাবণ হইতে থাকে।

চিত্র নং—2

এক্ষণে একটি মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলির মধ্যে যদি কিছুটা জলে দ্রবণীয় পদার্থ এবং কিছুটা অদ্রাব্য পদার্থ থাকে, তবে উক্ত মিশ্র পদার্থটিকে একটি কাচের পাত্রে রাখিয়া তাহার উপর জল ঢালিয়া দিয়া কাচের দণ্ড দ্বারা আলোড়িত করা হইলে জলে দ্রবণীয় পদার্থটি জলে গলিয়া গিয়া দ্রবণ সৃষ্টি করে। ঐ মিশ্রণটি ফিলটার কাগজ দিয়া ছাঁকিলে দ্রবণ ও অদ্রাব্য পদার্থ পৃথক্ করা যায়। জল দিয়া অদ্রাব্য অবশেষকে বারে বারে ধৌত করিলে সমস্ত দ্রবণীয় পদার্থটি দ্রবণে রূপান্তরিত হইবে এবং ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া চলিয়া গিয়া পরিস্রুতে জমা হইবে। এইভাবে একটি দ্রাব্য পদার্থকে একটি অদ্রাব্য পদার্থ হইতে পৃথকীকরণের প্রণালীকে **নিষ্কাশন** (extraction) বলে। উদাহরণস্বরূপ বালু ও চিনির মিশ্রণ হইতে জলদ্বারা চিনি অপসারণ প্রণালী উল্লেখ করা যাইতে পারে।

বাষ্পীভবন (Evaporation) ও স্ফুটন (Boiling)

যদি একটি থালায় সামান্য পরিমাণ জল রাখিয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে ঐ জল ধীরে ধীরে বাষ্পের আকারে উবিয়া যায়। এইভাবে যে-কোন তরল পদার্থ যে-

কোন উষ্ণতায় কেবলমাত্র তাহার উপরিভাগ হইতে ক্রমাগত উহার বাষ্পে পরিণত হয়। যে-কোন উষ্ণতায় তরল পদার্থের উপরিভাগ হইতে উহার বাষ্পে পরিণতিকে **বাষ্পীভবন** বলে। কম উদ্বায়ী (volatile) তরল পদার্থ 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে জলগাহের (Water-bath) উপর রাখিলে বাষ্পীভূত হয়। উদাহরণ :—কিছুটা লবণের দ্রবণ একটি কাচের ডিসে লইয়া ডিসটি ফুটন্ত জলের জলগাহের উপর রাখা হইল। কয়েক ঘণ্টা বাদে দেখা যাইবে যে, ডিসে কেবল কঠিন লবণ পড়িয়া আছে এবং জল বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া গিয়াছে।

চিত্র নং—3

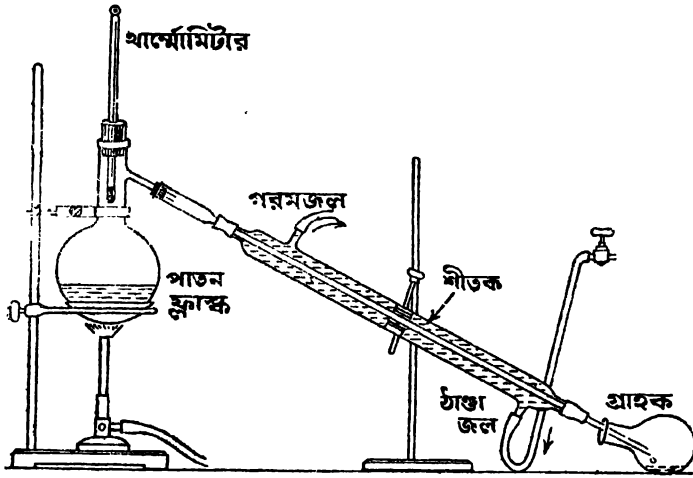
আবার বেশী উদ্বায়ী তরল পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে রাখিয়া দিলেই বাষ্পীভূত হয়। উদাহরণ :—একটি কাচের ডিসে কার্বন ডাইসলফাইডে কিছু গন্ধকের গুঁড়া দ্রবীভূত করা হইল। এই গন্ধকের দ্রবণকে বায়ুতে রাখিয়া দেওয়া হইল। কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, ডিসে কেবল কঠিন গন্ধক পড়িয়া আছে এবং কার্বন ডাইসলফাইড উবিয়া গিয়াছে।

যে সমস্ত তরল 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার ঊর্ধ্বে বাষ্পীভূত হয়, তাহাদিগের বাষ্পীভবন তাহাদের ভিতর দিয়া গরম বাতাস চালনা করিয়া সম্পন্ন করিতে হয়।

খানিকটা জল একটি কাচের পাত্রে লইয়া উত্তপ্ত করিলে কিছুক্ষণ বাদে দেখা যাইবে যে, জলের সমস্ত অংশ হইতেই বাষ্প উত্থিত হইতেছে। এই প্রকার যখন কোন তরল পদার্থ তাহার সমস্ত অংশেই বাষ্পাকারে পরিণত হইতে থাকে, তখন এই অবস্থাকে তরলের **স্ফুটন** বলা হয়। তরল পদার্থটি যদি বিশুদ্ধ হয়, তবে তাহা একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ফুটিবে। এই নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে তরল পদার্থটির স্ফুটনাঙ্ক (Boiling point) বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত তরলের উপরের চাপ একই থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত স্ফুটনাঙ্কও একই থাকে। যেমন জলের স্ফুটনাঙ্ক 760 মিলিমিটার পারদের চাপে 100° সেন্টিগ্রেড।

পাতন (Distillation) :—কোন তরল পদার্থকে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পীভূত করা এবং সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া আবার তরল অবস্থায় পরিণত

করাকে **পাতন** বলে। সুতরাং পাতন-প্রণালী বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন (Condensation) এই দুই প্রক্রিয়ার সমন্বয়। এই পাতন-প্রণালী পরীক্ষাগারে সদাসর্বদাই প্রয়োগ করা হয়। আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, তরল পদার্থের সহিত যখন অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ মিশ্রিত থাকে তখন পরিস্রাবণ প্রণালীর দ্বারা উভয়কে পৃথক্ করা যায়। কিন্তু কোন পদার্থ যখন তরল পদার্থে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তখন পরিস্রাবণ-প্রণালী দ্বারা উহাদের পৃথক্ করা সম্ভব হয় না। কেবলমাত্র পাতন-প্রণালী দ্বারা উক্ত দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ তরল পৃথক্ করা যায়। প্রণালীটির ক্রম ও তাহার উপযোগিতা নিম্নে বর্ণিত হইল।

চিত্র নং—4

নদীর অবিশুদ্ধ জল হইতে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করিতে হইলে এই প্রণালী অবলম্বনীয়।

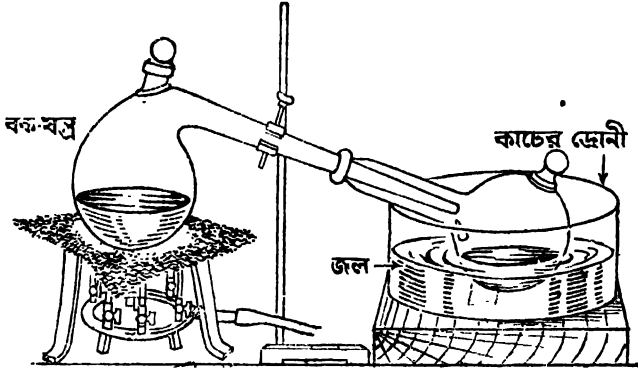
একটি পাতন-ফ্লাস্কের পার্শ্বনল একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি লিবিগ-শীতকের বা কনডেনসারের ভিতরের নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই শীতকের নল বাহিরের দিকে একটি মোটা কাচনল দিয়া ঘেরা থাকে। এই মোটা কাচনলের দুই প্রান্তের কাছাকাছি পার্শ্বনল লাগান থাকে। নিম্নের পার্শ্বনল জলের কলের সহিত সংযুক্ত করা হয় এবং উপরের পার্শ্বনলে একটি লম্বা রবাবের নল লাগাইয়া নলটিকে জল

ফেলিবার স্থানে নামাইয়া দেওয়া হয়। শীতকের ভিতরের নলের সহিত বাহিরের মোটা কাচনলের কোন প্রকার যোগ নাই, মোটা নলটি কাচ গলাইয়া ভিতরের নলের গায়ে লাগান থাকে। জলের কল খুলিয়া দিলে অনবরত ঠাণ্ডা জল নিম্ন-পার্শ্বের নল দিয়া ঢোকে এবং উপরের পার্শ্বনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। শীতকের মধ্যনলের শেষ প্রান্ত একটি কাচের গ্রাহকের (Receiver) মধ্যে দেওয়া থাকে। পাতন-ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগান হয় এবং কর্কের ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার এমনভাবে লাগান হয় যে, থার্মোমিটারের কুণ্ড (bulb) পাতন-ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের নিকট থাকে।

অবিশুদ্ধ নদীর জলের সহিত একটু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট মিশাইয়া লওয়া হয়। ইহাতে নদীর জলের রং গাঢ় লাল হয়। পাতন-ফ্লাস্কটি দুইটি বন্ধনীর (ring) সাহায্যে তার-জালির (Wire-gauze) উপর বসান হয়। গাঢ় লাল রংএর জল কর্ক খুলিয়া ফানেলের সাহায্যে পাতন-ফ্লাস্কে লওয়া হয় এবং থার্মোমিটারসমেত কর্কটি যথাস্থানে বসাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর বুনসেন দীপের সাহায্যে পাতন-ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করা হয় যতক্ষণ না ফ্লাস্কের জল ফুটিয়া উঠে। জলের বাষ্প ফ্লাস্কের পার্শ্ববর্তী নল দ্বারা শীতকের মধ্যে প্রবেশ করিবে। থার্মো-মিটারটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, তাহাতে জলের স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত পারদ উঠিয়াছে এবং যতক্ষণ স্ফুটনক্রিয়া চলিতে থাকিবে ততক্ষণ পারদ একই স্থানে স্থির থাকিবে। স্ফুটনের সময় জল বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু নদীর জলের দ্রবণীয় বা অদ্রবণীয় ময়লা (impurities) অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অনুদ্বায়ী (Non-volatile) বলিয়া বাষ্পে রূপান্তরিত হয় না। জলীয় বাষ্প কনডেনসারের ভিতরের নলের বহিঃস্থিত ঠাণ্ডা জলের সংস্পর্শে আসিয়া তরলে পরিণত হয় এবং বর্ণহীন জলরূপে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গ্রাহকে জমা হয়। এই গ্রাহকে সঞ্চিত জলকে **পাতিত জল** (Distilled water) বলা হয়। ফ্লাস্কে গাঢ় লালবর্ণ জল কিছুটা পড়িয়া থাকিতেই পাতনক্রিয়া বন্ধ করা হয়। এই অবশিষ্ট গাঢ় লালবর্ণ জলকে **অবশেষ** (residue) বলে। পাতনক্রিয়া বকযন্ত্র (Retort) দ্বারাও সম্পাদিত হইতে পারে।

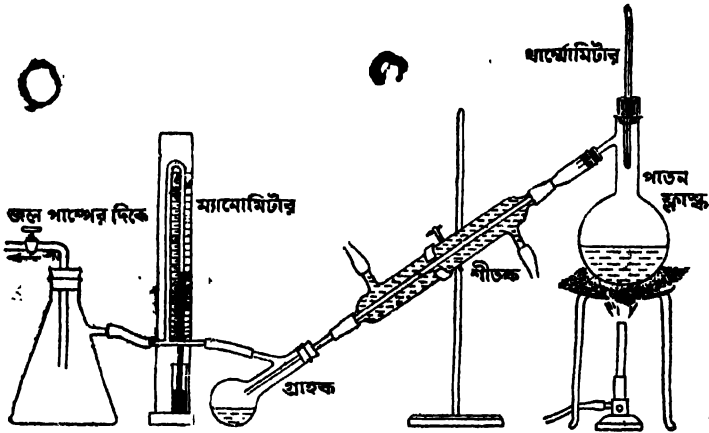
পাতনের কার্যকারিতা :—(ক) এই প্রক্রিয়ার দ্বারা প্রলম্বিত (suspended) বা দ্রবীভূত অনুদ্বায়ী (non-volatile) কঠিন পদার্থ হইতে তরল পদার্থকে পৃথক্ করা যায়। কিন্তু এই উপায়ে উদ্বায়ী (volatile) কঠিন পদার্থ বা দ্রবীভূত

গ্যাসীয় পদার্থ তরল হইতে পৃথক্ করা যায় না। (খ) এই উপায়ে সুষ্ঠুভাবে যে কোন তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা যায়, কারণ স্ফোটনের সময় বাষ্পের উষ্ণতা স্থিরাঙ্কে থাকে।

চিত্র নং—5

আংশিক পাতন (Fractional distillation) :—যদি দুই বা ততোধিক বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্কের তরল পদার্থ একত্র মিশ্রিত থাকে, তাহা হইলে কোন কোন ক্ষেত্রে বিভিন্ন উষ্ণতায় কয়েকবার পাতনক্রিয়ার দ্বারা উক্ত তরলগুলিকে পৃথক্ করা যাইতে পারে। একটি দৃষ্টান্ত দ্বারা এই প্রক্রিয়া বিশদভাবে বুঝান যাইতে পারে। ধরা যাউক একটি তরল পদার্থ (ক) 35° সেন্টিগ্রেডে এবং অন্য একটি তরল পদার্থ (খ) 80° সেন্টিগ্রেডে ফুটিয়া থাকে। এই দুইটি তরল পদার্থের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে যখন মিশ্রিত তরলটি 35° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পৌছিবে তখন দুইটি তরলই একসঙ্গে বাষ্পীভূত হইবে, কিন্তু বাষ্পে ক-এর ভাগ বেশী এবং খ-এর ভাগ খুব কম থাকিবে। অতএব পাতন-ফ্লাস্কে উক্ত মিশ্রিত তরলটি লইয়া লিবিগ শীতকের সাহায্যে পাতনক্রিয়া সম্পাদন করিলে গ্রাহকে পাতিত তরলে ক-এর ভাগ বেশী এবং খ-এর ভাগ সামান্য পরিমাণে থাকিবে। ফ্লাস্কে অবশেষ তরলের ক-এর ভাগ কম হয় এবং খ-এর ভাগ বেশী থাকিবে। তাহার পর, যখন ক প্রায় সম্পূর্ণ চলিয়া যাইবে তখন তাপ দিলে ক্রমশঃ থার্মোমিটারে উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতেছে দেখা যাইবে এবং ক্রমশঃ যখন 80° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হইবে, তখন দ্বিতীয়-তরলটি বাষ্প হইতে থাকিবে। তখন গ্রাহকটি পাল্টাইয়া অন্য একটি গ্রাহক

দিলে তাহাতে খ-তরলটি প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগৃহীত হইতে পারিবে। দুইটি গ্রাহকে সংগৃহীত দুইটি পাতিত তরলকে পুনরায় পর পর পাতন করিলে ক ও খ কে পৃথক্‌ভাবে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এইরূপ পর্যায়ক্রমে পাতন দ্বারা দুই বা ততোধিক উদ্বায়ী তরলের মিশ্রণ হইতে তরল পদার্থগুলিকে পৃথকীকরণকে **আংশিক পাতন** বলে।

কম চাপে পাতন (Distillation under reduced pressure) ও **অণুপ্রেষ পাতন** (Vacuum distillation):—সাধারণ চাপে প্রত্যেক তরল পদার্থের একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক আছে। তখন তরল হইতে যে বাষ্প উদ্ভূত হয়, তাহার উক্ত তলের উপর একটি চাপ বা প্রেষ দেখা যায়। সেই চাপ বাহিরের বায়ুর চাপের সঙ্গে সমান। আমরা জানি যে, সকল তরল পদার্থই সর্বপ্রকার উষ্ণতাতেই তাহার উপরিভাগ হইতে বাষ্পাকারে পরিণত হয় এবং সেই সময় সেই বাষ্পও তাহার সহিত সংশ্লিষ্ট তরলের উপর একটি চাপ দিয়া থাকে। উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সেই চাপও বৃদ্ধি পায় এবং যখন তরলটি স্ফুটনাঙ্কে আসে তখন ইহার বাষ্পের চাপ বহিঃস্থ বায়ুর চাপের সমান হয়। এক্ষণে যদি উক্ত তরল পদার্থকে একটি বন্ধ পাত্রে রাখিয়া সেই পাত্র হইতে বায়ু-পাম্প সাহায্যে বাহির করিয়া দিয়া তাহার উপর বায়ুর যে সাধারণ চাপ ছিল তাহা কমাইয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে উক্ত তরলের

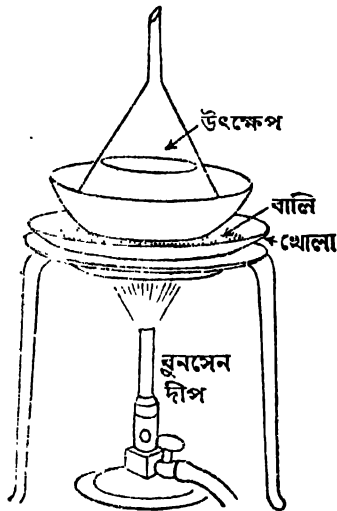
চিত্র নং—6

স্ফুটনাঙ্ক সেই অবস্থায় তাহার সাধারণ স্ফুটনাঙ্ক হইতে কম হইবে, কারণ সেই কম

স্ফুটনাঙ্কেই তাহার বাষ্পের চাপ তাহার উপরিস্থিত বায়ুর চাপের সমান হইবে। কতকগুলি তরল পদার্থ আছে যাহারা সাধারণ চাপে স্ফুটনাঙ্কে পৌছিবার পূর্বেই বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়, যথা হাইড্রোজেন পারক্সাইড, গ্লিসারিন ইত্যাদি। সেই তরলগুলি পাতিত করিবার সময় যে ফ্লাস্কে পাতনক্রিয়া নিষ্পন্ন করা হয়, তাহার ভিতরের বায়ুর চাপ পাম্প চালাইয়া কমাইয়া দেওয়া হয়। তখন সেই তরলগুলি কম উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয় এবং বিশ্লিষ্ট হয় না। ঐ বাষ্প যথারীতি শীতল করিয়া গ্রাহকে তরল পদার্থগুলি সংগ্রহ করা হয়। পাম্পের সাহায্যে চাপ প্রায় শূন্যতার কাছাকাছি লওয়া যাইতে পারে এবং সেই অবস্থায় পাতনক্রিয়া নিষ্পন্ন করিলে তাহাকে **অণুপ্রেষ পাতন** বলে।

৩৬ পৃঃ 6নং ছবি হইতে অণুপ্রেষ পাতন কিভাবে নিষ্পন্ন করা হয় তাহা বুঝা যাইবে।

অন্তর্ধুম পাতন (Destructive বা Dry Distillation) :—প্রায় বন্ধ পাত্রে কোন কোন দ্রব্যকে উত্তপ্ত করিলে উহা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী উপাদানে বিশ্লিষ্ট হয়। উদ্বায়ী উপাদানকে শীতল বায়ু দ্বারা ঘনীভূত করিয়া অন্য পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। এই প্রক্রিয়াকে **অন্তর্ধুম পাতন** বলা হয়। এই প্রক্রিয়ায় পাত্রে বায়ু থাকিতে দেওয়া হয় না, কারণ বায়ুর সহিত পদার্থের রাসায়নিক প্রক্রিয়া ঘটিয়া রাসায়নিক পরিবর্তন হইবার সম্ভাবনা থাকে। কয়লা হইতে এই প্রক্রিয়া দ্বারা উদ্বায়ী কোল গ্যাস, আল্‌কাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লাইকার (Ammoniacal Liquor) এবং অনুদ্বায়ী কোক (coke) ও গ্যাস কার্বন সংগ্রহ করা হয়।

উর্ধ্বপাতন (Sublimation) :—কোন কোন কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করিলে সাধারণ নিয়মানুসারে তাহা তরল পদার্থে পরিণত না হইয়া একেবারে সোজাসুজি বাষ্পে পরিণত হয়, এবং ঐ গ্যাসীয় বস্তুটিকে ঠাণ্ডা করিলে উহা তরলে রূপান্তরিত না হইয়া একেবারে পূর্বেকার কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। উত্তাপ দ্বারা কঠিন পদার্থের কঠিন অবস্থা হইতে একেবারে বাষ্পে রূপান্তরিত হওয়া এবং শৈত্যে সেই বাষ্পের সোজাসুজি উক্ত কঠিন পদার্থে পরিণত হওয়াকে **উর্ধ্বপাতন** বলে। এই জাতীয় পরিবর্তনে পদার্থটির রাসায়নিক সংযুতি (Chemical composition) অক্ষুণ্ণ থাকে। নিশাদল, কর্পূর, আয়োডিন প্রভৃতি কঠিন পদার্থ এইরূপ ধর্ম দেখাইয়া থাকে।

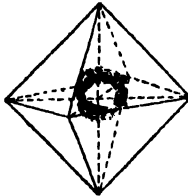
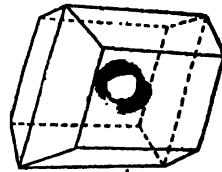
একটি বেসিনে কিছুটা নিশাদল লইয়া বেসিনটিকে একটি বালি-খোলার উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় এবং সেই সময় উক্ত বেসিনটির উপর একটি ফানেল উল্টা করিয়া বসাইয়া দেওয়া হয়, যাহাতে ফানেলের নলটি উপরের দিকে থাকে। নলটির মুখ এক টুকরা কাগজ দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং ফানেলটির গায়ে পাতলা কাপড়ের টুকরা ভিজাইয়া জড়াইয়া দেওয়া হয়। দেখা যাইবে যে, ফানেলের ভিতর বাষ্পীভূত পদার্থ আসিয়াছে এবং তাহা ফানেলের ঠাণ্ডা অংশের সহিত লাগিয়া আবার জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইয়াছে। কিছুক্ষণ পরে ফানেলটি তুলিয়া আনিলে তাহার গায়ে কঠিন নিশাদল লাগিয়া আছে দেখা যাইবে এবং তাহা হইতে কাচের দণ্ডদ্বারা চাঁচিয়া কাগজের উপর পদার্থটি সংগ্রহ করা যাইবে। বাষ্প হইতে সরাসরি ঘনীভূত কঠিনকে **উৎক্ষেপ** (Sublimate) বলে।

চিত্র নং—7

ঊর্ধ্বপাতনের কার্যকারিতা :—এই প্রক্রিয়ার দ্বারা যে সমস্ত কঠিন পদার্থ উত্তাপ দিলে একেবারে বাষ্পে পরিণত হয়, তাহাদিগকে অন্যান্য কঠিন পদার্থের মিশ্রণ হইতে পৃথক্ করা যায়। যেমন, নিশাদলের সহিত বালুকণা মিশ্রিত থাকিলে এই উপায়ে বিশুদ্ধ নিশাদল পাওয়া যাইতে পারে। কর্পূর ও ধূনার গুঁড়া মিশিয়া গেলে এই উপায়ে কর্পূরকে ধূনার গুঁড়া হইতে পৃথক্ করা যায়।

কেলাসন বা **স্ফটিকীকরণ** (Crystallisation) :—কোন কঠিন পদার্থকে জলে দিলে যে সমস্ত পদার্থ জলে দ্রাব্য তাহার দ্রবণ প্রস্তুত হয়। সামান্য পরিমাণ দ্রাব্য পদার্থ একটি বীকারে কিছুটা জল লইয়া তাহার ভিতর ঢালিয়া দিলে পদার্থের সমস্তটুকুই জলে গলিয়া যায়। এইভাবে সামান্য পরিমাণে পদার্থটি কয়েকবার জলে দিয়া নাড়িবার পর দেখা যায় যে, কিছুটা কঠিন পদার্থ বীকারের তলদেশে সঞ্চিত হয়। কঠিন দ্রবণটিকে ঘরের উষ্ণতায় **সংপৃক্ত** (Saturated) বলা হয়। ঐ অবস্থায় দ্রবণটিকে তার-জালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে,

ক্রমশঃ তলদেশে অবস্থিত কঠিন পদার্থটি দ্রবণের সহিত মিশিয়া যাইতেছে। কঠিন পদার্থ যখন দ্রবণে রূপান্তরিত হইয়া যায়, তখন যে উষ্ণতায় দ্রবণটি আছে সেই অবস্থায় তাহাকে রাখিয়া আরও কঠিন পদার্থ তাহাতে যোগ করিলে ক্রমশঃ দেখা যাইবে যে, কিছুটা কঠিন পদার্থ বীকারের তলদেশে পুনরায় সঞ্চিত হইয়াছে। তখন উষ্ণ দ্রবণটিকে উক্ত উষ্ণতায় সংপৃক্ত বুঝিতে হইবে। এক্ষণে ঐ সংপৃক্ত দ্রবণটিকে ফিলটার কাগজ দ্বারা ছাঁকিয়া ঘরের উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে দেখা যাইবে, ঐ দ্রবণ হইতে ক্রমশঃ দ্রাবটি (dissolved solid) বাহির হইয়া আসিতেছে। অনেক সময় দ্রাবটি ঐ ভাবে বাহির হইবার সময় নির্দিষ্ট আকারের দানা বাঁধিয়া থাকে। এই দানাগুলির একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার আছে। ভাল করিয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিলে দেখা যাইবে, উহাদের পৃষ্ঠদেশগুলি সমস্ত সমতল। এই প্রকার নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট সমতল পৃষ্ঠদেশ দ্বারা সীমাবদ্ধ কঠিনকে **কেলাস** (Crystal) বা স্ফটিক বলে। সংপৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিয়া কেলাসকে দ্রবণ হইতে পৃথক্ করার নাম **কেলাসন** বা **স্ফটিকীকরণ**।

কেলাস বা স্ফটিক গঠনের সময় তাহার নির্দিষ্ট আকার পাইয়া থাকে। কোন একটি পদার্থের স্ফটিকগুলি আয়তনে বিভিন্ন হইতে পারে, কিন্তু তাহাদের আকার সকল সময় একই হইবে। বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিকের আকার বিভিন্ন প্রকার হইতে পারে। নিম্নের ছবি হইতে এই উক্তির সত্যতা বুঝা যাইবে।

আকারবিহীন কঠিনকে **অনিয়তাকার** (amorphous) কঠিন বলে, যেমন, চুন, কয়লা। সাধারণতঃ একটি কঠিন পদার্থ একটি জ্যামিতিক আকারে কেলাসিত

চিত্র নং—৪

হয়। কিন্তু গন্ধক ও কার্বন দুই বা ততোধিক আকারে কেলাসিত হয়। কার্বনের দুই প্রকার কেলাস আমরা হীরক ও গ্র্যাফাইটে দেখিতে পাই। এই প্রকার দুই বা

ততোধিক কেলাসের আকার-বিশিষ্ট কঠিন পদার্থকে **দ্বিরূপ** (dimorphous) বা **ত্রিরূপ** (trimorphous) বা **বহুরূপ** (polymorphous) কেলাস বলে।

কেলাসন নিম্নলিখিত উপায়ে সাধারণতঃ ঘটান যাইতে পারে। (ক) উত্তপ্ত সংপৃক্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করিয়া অথবা অসংপৃক্ত (unsaturated) দ্রবণকে উত্তাপ দ্বারা দ্রাবককে তাড়াইয়া সংপৃক্ত দ্রবণে পরিবর্তিত করিয়া পরে ধীরে ধীরে শীতল করিয়া। নিম্নে বর্ণিত প্রণালীতে তুঁতের (copper sulphate) কেলাস প্রস্তুত করা হয়। একটি বীকারে কিছুটা জল লইয়া তাহাতে তুঁতের গুঁড়া একটু একটু করিয়া মিশান হইল, যতক্ষণ না কিছুটা তুঁতে বীকারের তলায় কঠিন অবস্থায় পড়িয়া থাকে। বীকারটি একটি তার-জালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ না সমস্ত তুঁতেটুকু দ্রবণে পরিণত হয়। তাহার পর আরও তুঁতে জলে দেওয়া হইল, যতক্ষণ না কিছু তুঁতে কঠিন অবস্থায় বীকারের তলদেশে পড়িয়া থাকে। তাহার পর দ্রবণটিকে উত্তপ্ত অবস্থাতেই ছাঁকিয়া লওয়া হইল। এই পরিস্রুত দ্রবণটিকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে সুন্দর নীল রংএর তুঁতের কেলাস বা স্ফটিক ($CuSO_4, 5H_2O$) পাওয়া যায়। যত ধীরে ধীরে দ্রবণটিকে শীতল করা হইবে, ততই বড় বড় স্ফটিক পাওয়া যাইবে। স্ফটিক হইতে তরল সংপৃক্ত দ্রবণ পৃথক্ করিতে হইলে তাহাকে ধীরে ধীরে অন্য পাত্রে ঢালা হয়। পরে স্ফটিকগুলিকে পরিস্রাবিত করা হয় এবং ফিলটার কাগজের উপর অবস্থিত স্ফটিকগুলি সামান্য পাতিত জল দিয়া ধুইয়া দ্রবণ হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত করা হয়। পরে অন্য একটি শুষ্ক ফিলটার কাগজের ভিতর লইয়া চাপ দিয়া শুষ্ক করা হয়। এইভাবে পরিস্রুত তরলকে **শেষদ্রব** (mother liquor) বলে।

(খ) সময় সময় কোন কঠিন পদার্থকে উত্তাপ দ্বারা গলাইয়া সেই গলিত পদার্থকে শীতল করিলে, উক্ত পদার্থের কেলাস পাওয়া যায়। যেমন, সাধারণ গন্ধককে একটি চীনামাটির মুচিতে (Crucible) গলাইয়া ঠাণ্ডা করিলে তাহার উপর একটি কঠিনের আবরণ পড়ে। সেই আবরণটি একটি সূচ দ্বারা ছিদ্র করিয়া তরল গন্ধককে ঢালিয়া ফেলিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, মুচির গায়ে সূচের ন্যায় গন্ধকের কেলাস লাগিয়া আছে।

(গ) ঊর্ধ্বপাতন দ্বারাও কোন কোন ক্ষেত্রে কেলাস পাওয়া যায়; যেমন, আয়োডিন বা কর্পূরের কেলাস ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা পাওয়া যায়।

কেলাসনের কার্যকারিতা:—(ক) কেলাসন দ্বারা কঠিনের **শোধন**

(Purification) করা সম্ভব। **পুনঃকেলাসন** (Recrystallisation) ; কোন কেলাসিত দ্রব্য যদি শেষদ্রবের সহিত মিশ্রিত থাকে, তাহা হইলে উচ্চ উষ্ণতায় তাহার সংপৃক্ত দ্রবণ পুনরায় প্রস্তুত করিয়াই তাড়াতাড়ি ছাঁকিয়া শীতল হইতে দিয়া কাচের দণ্ডদ্বারা তাহাকে আলোড়িত করা হয়। এইভাবে দ্রাবটির খুব ছোট ছোট কেলাস (tiny crystals) পাওয়া যায় এবং তাহা খুব বিশুদ্ধ হয়। **আংশিক কেলাসন** (Fractional Crystallisation) দ্বারা দুইটি পদার্থের পৃথকীকরণ সম্ভব হয়। যেমন, সাদা পটাসিয়াম নাইট্রেট ও নীল কপার নাইট্রেট একত্র মিশ্রিত করিয়া ঐ মিশ্রণের পূর্ববর্ণিত উপায়ে গরম সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ঐ সংপৃক্ত দ্রবণকে ছাঁকিয়া ঠাণ্ডা হইতে দিলে প্রথমে পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস বাহির হয়। সেই কেলাসগুলি পৃথক্ করিয়া সামান্য জল দিয়া তাহাদিগকে ধৌত করা হয়। পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাসকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে পুনঃ-কেলাসন প্রয়োজন হয়। পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাসগুলি পৃথক্ করার পর যে সংপৃক্ত শেষ-দ্রব থাকে তাহাকে আরও ঠাণ্ডা করিলে কপার নাইট্রেটের নীল কেলাস পাওয়া যাইবে।

(ঘ) এই প্রক্রিয়ার দ্বারা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী কঠিনকে পৃথক্ করা যায়।

Questions

1. Which one of the two processes, decantation and filtration, is more efficient in separating suspended impurities present in a liquid ?

১। আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ প্রণালীর ভিতর প্রলম্বিত কঠিন তরল হইতে পৃথক করা বিষয়ে কোন্‌টি বেশী কার্যকরী ?

2. Describe the processes of distillation and sublimation. Mention the difference existing between the two processes.

২। পাতন ও ঊর্ধ্বপাতন প্রণালী বর্ণনা কর। দুইটির পার্থক্য বিশেষ ভাবে উল্লেখ কর।

3. What is meant by crystallisation ? State what you know about the application of this process.

৩। কেলাসন কাহাকে বলে ? ইহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

4. Describe the method of preperation of pure crystals of copper sulphate pentahydrate.

৪। কপার সলফেটের বিশুদ্ধ কেলাস প্রস্তুতের প্রণালী বর্ণনা কর।

5. Explain the following terms with reference to one example :—
Solution, solvent, solute.

Starting from a dilute solution of sodium chloride in water, how would you prepare (a) pure water, and (b) pure crystals of sodium chloride ? Give experimental details.
[W. B. H. S. Science, 1961]

৫। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি একটি করিয়া উদাহরণদ্বারা ব্যাখ্যা কর :—
দ্রবণ, দ্রাবক, দ্রাব।

একটি সোডিয়াম ক্লোরাইডের পাতলা দ্রবণ হইতে কি ভাবে (ক) বিশুদ্ধ জল এবং (খ) বিশুদ্ধ খাদ্য-লবণের কেলাস প্রস্তুত করিবে ? পরীক্ষামূলক বর্ণনা বিশদভাবে দাও।

চতুর্থ অধ্যায়

চিহ্ন, সংকেত, সমীকরণ ও যোজ্যতা

(Symbol, Formula, Equation & Valency)

চিহ্ন (Symbol) :—রাসায়নিক পদার্থের রাসায়নিক নামকরণ করা হয় এবং চিহ্ন দ্বারা উহাদের প্রকাশকে রাসায়নিক চিহ্ন বলে। সুবিধাজনকভাবে ও সংক্ষেপে সরলাকারে মৌল পদার্থগুলি বুঝাইবার জন্য **চিহ্ন** ব্যবহৃত হয়। মৌলের ইংরাজী নামের প্রথম অক্ষর দ্বারা (যথা, H দ্বারা হাইড্রোজেন), অথবা একই প্রথম অক্ষর-বিশিষ্ট অনেকগুলি মৌলের নামের ক্ষেত্রে, প্রথম অক্ষর এবং বিশিষ্টভাবে উচ্চারিত দ্বিতীয় অক্ষর দ্বারা (যথা, C দ্বারা কার্বন, Cl দ্বারা ক্লোরিণ, Ca দ্বারা ক্যালসিয়াম), কিংবা মৌলের Latin নামের ক্ষেত্রে প্রথম অক্ষর অথবা প্রথম দুই অক্ষর বা প্রথম অক্ষর ও উচ্চারিত দ্বিতীয় অক্ষর দ্বারা (যথা, সোডিয়ামের Latin নাম নেট্রিয়াম ও চিহ্ন Na, স্বর্ণের Latin নাম অরম্ ও চিহ্ন Au, রৌপ্যের Latin নাম আর্জেনটম্ এবং চিহ্ন Ag, তাম্রের Latin নাম কিউপ্রাম্ এবং চিহ্ন Cu, পটাসিয়ামের Latin নাম কেলিয়াম এবং চিহ্ন K) মৌলের নাম বুঝান হয়। কোনও মৌলের জন্য তাহার চিহ্ন ব্যবহার করিলে সেই চিহ্ন দ্বারা সাধারণতঃ মৌলের একটি পরমাণুকে বুঝায়।

দ্রষ্টব্য :—বর্তমান রাসায়নিক চিহ্ন বার্জেলিয়াস 1813 খৃষ্টাব্দে প্রথম প্রবর্তিত করেন। এই চিহ্ন দ্বারা রাসায়নিক মৌলের প্রকাশ প্রথমে ডালটান উদ্ভাবিত করিলেও তিনিও মৌলের ল্যাটিন নামের আদ্য অক্ষর অথবা উহার আদ্য অক্ষর এবং অন্য একটি অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করিতেন, কিন্তু বার্জেলিয়াসেই প্রথম মৌলের সাধারণ নাম হইতে উদ্ভূত চিহ্ন ব্যবহার করেন।

চিহ্নের দ্বারা তিনটি জিনিষ বুঝাইয়া থাকে :—(1) ইহাতে মৌলের নাম জানাইয়া থাকে। (2) ইহাতে মৌলের একটি পরমাণুকে বুঝায়। (3) ইহা দ্বারা মৌলের নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন বুঝাইয়া থাকে। O বলিতে আমরা অক্সিজেন, অক্সিজেনের একটি পরমাণু ও অক্সিজেনের 16 ভাগ ওজন বুঝিয়া থাকি।

সংকেত (Formula) :—মৌল বা যৌগ যে-কোন পদার্থের অণুকে **সংকেত** দ্বারা প্রকাশ করা যায়। মৌলের অণুগুলি এক বা একাধিক পরমাণু-সংযোগে গঠিত। মৌলের অণু বুঝাইতে হইলে মৌলের পরমাণুর চিহ্নের ডানদিকের নিম্নাংশে অণুতে পরমাণুর সংখ্যা ইংরাজীতে লেখা হইয়া থাকে। যথা, হাইড্রোজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে; সুতরাং H_2 লিখিলে উহা হাইড্রোজেনের একটি অণুকে বুঝাইবে। সেইরূপ Cl_2, P_4 ইত্যাদি ক্লোরিণের বা ফস্‌ফোরসের অণুকে বুঝায়। যৌগ পদার্থগুলি একাধিক মৌলিক পদার্থের সংযোগে গঠিত। তাই যৌগের অণু বুঝাইতে হইলে তাহার গঠনকারী মৌলিক পদার্থের চিহ্নগুলি পরস্পর লিখিয়া পূর্বের মত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংখ্যা ডানদিকের নিম্নাংশে লিখিতে হয়। যেমন, সাধারণ লবণ সোডিয়াম (Na) এবং ক্লোরিণ (Cl) এই দুইটি মৌলের একটি করিয়া পরবাণুর সংযোগে তৈয়ারী। তাই সাধারণ লবণের সংকেত NaCl। জলে হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণুর সহিত অক্সিজেনের একটি পরমাণু সংযুক্ত থাকে। সেই কারণে জলের সংকেত H_2O। চুনা পাথরের (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) অণুতে একটি ক্যালসিয়ামের পরমাণু, একটি কার্বনের পরমাণু এবং তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু আছে। তাই চুনা পাথরের অণুর সংকেত $CaCO_3$। কোন যৌগ পদার্থের কেবলমাত্র সংকেতটি লিখিলে তাহা দ্বারা সেই যৌগ পদার্থের একটিমাত্র অণুকে বুঝাইবে। একের অধিক অণু বুঝাইতে হইলে সংকেতটির পূর্বে প্রয়োজনীয় সংখ্যাটি লিখিতে হইবে। যথা, $8H_2O$ লিখিলে জলের ৮টি অণু বুঝাইবে।

চিহ্নের মত **সংকেত** দ্বারা চারিটি জিনিষ বুঝা যায়। (1) ইহা মৌলের বা যৌগের নামকে বুঝায়। (2) ইহা পদার্থের গঠন এবং তাহার অণুতে বিভিন্ন

পরমাণুর সংখ্যা প্রকাশ করে। (3) ইহা পদার্থের আণবিক (molecular) ওজনকে বুঝাইয়া থাকে। (4) ইহা দ্বারা আণবিক ওজনের মধ্যে পারমাণবিক ওজনের অনুপাত প্রকাশিত হয়।

ইহা ছাড়াও যদি পদার্থটি গ্যাসীয় হয়, তবে তাহার আণবিক সংকেত লিখিলে তাহা দ্বারা তাহার আণবিক ওজনকে ত বুঝাইবেই, উপরন্তু যদি আণবিক ওজন গ্রামের ভরে প্রকাশ করা যায় তাহা হইলে তাহার আয়তন প্রমান উষ্ণতায় (0° সেন্টিগ্রেড) এবং চাপে (76 সেন্টিমিটার পারদের চাপ) 22·4 লিটার হইবে বলিয়া বুঝা যাইবে। যথা, Cl_2, লিখিলে ক্লোরিণ বুঝাইবে, ক্লোরিণের দুইটি পরমাণু সংযোগে উদ্ভূত একটি অণুকে বুঝাইবে, ক্লোরিণের $2 \times 35{\cdot}5$ ভাগ ওজনকে বুঝাইবে এবং উক্ত ওজন যদি গ্রামে প্রকাশ করা যায় তবে তাহার আয়তনকে (22·4 লিটার প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে) বুঝাইবে।

যখন আমরা $2H_2O$ লিখি তখন আমরা বুঝি যে, (1) জলের 2টি অণুর ব্যবহার হইয়াছে; (2) জলের প্রত্যেক অণুতে হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু এবং অক্সিজেনের একটি পরমাণু আছে; (3) জলের $2\,(2 \times 1 + 16)$ বা 36 ভাগ ব্যবহৃত হইতেছে।

সমীকরণ (Equation) :—যখনই কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়, তখনই এক বা একাধিক পদার্থ সেই ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং নূতন পদার্থে পরিণত হয়। এক্ষণে পূর্বে উল্লিখিত উপায়ে যে সমস্ত পদার্থ রাসায়নিক ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল নূতন পদার্থ সেই ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয়, তাহাদের সকলকেই চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে বুঝান যাইতে পারে। যে-সমস্ত পদার্থ রাসায়নিক ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে (**Reactants**), তাহাদিগকে একটি সমীকরণ চিহ্নের বামদিকে এবং যে-সমস্ত পদার্থ রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলস্বরূপ উৎপন্ন হয় (**Resultants**) তাহাদিগকে সেই সমীকরণ চিহ্নের ডানদিকে লিখিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া প্রকাশ করা হয়। **সমীকরণ** রাসায়নিক ক্রিয়ার সাংকেতিক প্রকাশ। নিম্নলিখিত রাসায়নিক ক্রিয়াটি কথায় লিখিলে এইরূপ দাঁড়ায়,

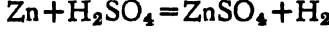
ম্যাগনেসিয়াম + অক্সিজেন = ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড।

যখন ম্যাগনেসিয়ামের ফিতায় আগুন ধরাইয়া বায়ুতে জ্বালান হয়, তখন এই রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

চিহ্ন ও সংকেত দ্বারা এই ক্রিয়াটির প্রকাশ নিম্নলিখিতরূপে হইয়া থাকে—

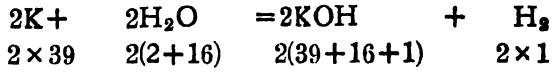
$$2Mg+O_2=2MgO.$$

সেইরূপ জিঙ্ক (দস্তা) ও সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, তাহা নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা বুঝান হয়—

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

সমীকরণের বামদিকে যে + চিহ্ন থাকে তাহার অর্থ "ক্রিয়া করে" এবং ডানদিকের + চিহ্নের অর্থ "এবং"। সমীকরণ চিহ্নের অর্থ "উৎপন্ন করে"।

যদি কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি ক্রিয়াশীল হইয়া পূর্বের পদার্থ পুনরুৎপন্ন করে, তবে সমীকরণের মধ্যে = চিহ্নের স্থানে $\rightleftharpoons$ চিহ্ন দেওয়া হয়। সমীকরণ লিখিবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, বামদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যা ডানদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যার সমান হইবে। ডালটনের পরমাণুবাদ হইতে জানা যায় যে, পরমাণুর ধ্বংস নাই। সুতরাং বামদিকের পদার্থের মোট ভর, ডানদিকের পদার্থের মোট ভরের সমান। ভরের নিত্যতা সূত্র (**Law of Indestructibility of Matter**) অনুসারে এই সমতা রক্ষা করা প্রয়োজন।

যখনই একটি সমীকরণ লেখা হয়, তখনই তাহা হইতে কতকগুলি বিষয় আমরা জানিতে পারি। যথা, পটাসিয়াম ও জলের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কষ্টিক পটাশ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা তাহাই প্রকাশ করা হয়—

$$\begin{array}{cccc} 2K+ & 2H_2O & =2KOH & + \quad H_2 \\ 2\times39 & 2(2+16) & 2(39+16+1) & 2\times1 \end{array}$$

এই সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে, (1) পটাসিয়াম (K) জলের (H_2O) সহিত ক্রিয়া করিয়া পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (KOH, কষ্টিক পটাশ) ও হাইড্রোজেন (H_2) উৎপন্ন করে। (2) দুই পরমাণু পটাসিয়াম দুই অণু জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া দুই অণু পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং এক অণু হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। (3) 78 ভাগ (গ্রাম) পটাসিয়াম 36 ভাগ (গ্রাম) জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং 112 ভাগ (গ্রাম) পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও 2 ভাগ (গ্রাম) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এইখানে বামদিকের পদার্থসমূহের মোট ওজন = 114 = ডানদিকের পদার্থগুলির মোট ওজন। দুইদিকের পটাসিয়াম, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা সমান। (4) উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ হাইড্রোজেনের পরিমাণ 0° সেন্টিগ্রেড এবং 76 সেন্টিমিটার পারদের চাপে 22·4 লিটার হইবে।

সুতরাং সমীকরণ হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কেবল যে, কোন্ কোন্ জিনিষ উৎপন্ন হয় তাহাই জানা যায় তাহা নহে, তাহাদের পরিমাণের বিষয় জানা যায়।

রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা :—সমীকরণ যদিও রাসায়নিক পরিবর্তনের ফল সম্বন্ধে আমাদের জানাইয়া দেয়, তথাপি নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি না—(1) রাসায়নিক ক্রিয়ায় শক্তির (তাপ, তড়িৎ ইত্যাদি) তারতম্য, (2) রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সর্ত (উষ্ণতা বা চাপ), (3) প্রক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় সময় এবং (4) পদার্থের অবস্থা (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়)।

নির্ভুল সমীকরণ গঠনকালে কয়েকটি নিয়ম মানিয়া চলিতে হয়।

(ক) মুক্ত মৌলকে তাহার অণুর সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করিতে হয়, কারণ পরমাণু স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে না। যৌগিক পদার্থগুলি উহাদের অণুর সঙ্কেত দ্বারাই প্রকাশিত হইয়া থাকে।

(খ) যে-সমস্ত পদার্থ রাসায়নিক প্রক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে-সকল পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাহা বিশদভাবে জানা প্রয়োজন।

(গ) সমীকরণ চিহ্নের উভয়দিকে যে-কোন এক প্রকারের মৌলের পরমাণুর সংখ্যা এক হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য নির্ভুল সমীকরণ লিখিতে প্রয়োজনানুসারে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন সংখ্যক অণুর সমাবেশ করিতে হয়।

দৃষ্টান্তস্বরূপ ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডের উৎপত্তি সমীকরণে প্রকাশ করিতে $Mg+O=MgO$ লিখিলে হইবে না, কারণ মুক্ত অক্সিজেন তাহার পরমাণু দ্বারা প্রকাশ করা যায় না। ইহাকে ইহার অণুদ্বারা প্রকাশ করিতে হয়। অক্সিজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু থাকে। সুতরাং ইহা $2Mg+O_2=2MgO$ এইভাবে নির্ভুল করিয়া লিখিতে হয়। এখানে ম্যাগ্‌নেসিয়ামের অণুতে একটিই পরমাণু থাকে বলিয়া Mg লিখিলেই হয়। সেইরূপ উত্তপ্ত লোহ ও জলের বাষ্পের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটি সমীকরণে $Fe+H_2O=Fe_3O_4+H_2$ দ্বারা প্রকাশ করিলে ভুল হইবে; নির্ভুলভাবে ইহা $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$ এই প্রকারে প্রকাশ করা হয়। সেইরূপ অ্যালুমিনিয়াম ও সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে যে অ্যালুমিনিয়াম সলফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, তাহার সমীকরণ $Al+H_2SO_4$

$=Al_2(SO_4)_3+H_2$ না লিখিয়া উহার পরিবর্তে $2Al+3H_2$ $Al_2(SO_4)_3+3H_2$ লিখিত হইয়া থাকে।

যোজ্যতা (Valency) :—

যৌগিক পদার্থগুলির বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায় যে, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যে সকল পরমাণু অপর একটি মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত পৃথক্ ভাবে যুক্ত হয় তাহাদের সংখ্যা এক নয়। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, প্লাটিনিক ক্লোরাইড প্রভৃতি পদার্থ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, যথাক্রমে হাইড্রোজেনের, ক্যালসিয়ামের, অ্যালুমিনিয়ামের ও প্লাটিনামের একটি করিয়া পরমাণু ক্লোরিণের বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়াছে। যথা—

	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত ক্লোরিণ পরমাণুর সংখ্যা
1. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl →	1
2. ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	$CaCl_2$ →	2
3. অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড	$AlCl_3$ →	3
4. প্লাটিনিক ক্লোরাইড	$PtCl_4$ →	4

কেবলমাত্র ক্লোরিণের সহিত সংযোগেই যে এই প্রকার পার্থক্য দেখা যায় তাহা নহে, অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সহিত সংযোগকালেও এই প্রকার অবস্থা দৃষ্ট হয়।

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রোজেনের এমন কোন যৌগ নাই (কেবল হাইড্র্যাজোয়িক অ্যাসিড, N_3H, ব্যতীত) যাহাতে এক পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত অন্য মৌলিক পদার্থের একাধিক পরমাণু যুক্ত হয়। হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু বিভিন্নসংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। যথা :—

	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা
1. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড →	HCl	→ 1
2. জল →	H_2O	→ 2
3. অ্যামোনিয়া →	NH_3	→ 3
4. মিথেন →	CH_4	→ 4

পূর্ব পৃষ্ঠায় লিখিত উদাহরণ হইতে দেখা যায় যে, ক্লোরিণের একটি পরমাণু একটি মাত্র হাইড্রোজেনের পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, কিন্তু একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হয় এবং একটি কার্বন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। এই সমস্ত দেখিয়া স্পষ্টই বুঝা যায় যে, বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির হাইড্রোজেনের বা ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা বিভিন্ন। মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগের এই ক্ষমতাকে উহাদের **যোজ্যতা** বলে। পূর্বে উল্লিখিত কারণ হইতে জানা যায় যে, হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা সবচেয়ে কম। সেই কারণে মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা হাইড্রোজেনের ভিত্তিতে স্থির করা হয়। হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতাকে প্রমাণ যোজ্যতা ধরা হয় এবং তাহার যোজত্যা=1। কোনও মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা, মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সহিত যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়, সেই সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। জলের অণুতে একটি অক্সিজেন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে। সুতরাং অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই এবং অক্সিজেনকে **দ্বিযোজী** (divalent) বলা হয়। অ্যামোনিয়াতে একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে। সেইহেতু নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন এবং নাইট্রোজেন **ত্রিযোজী** (trivalent)। অতএব কোন মৌলের যোজ্যতা বলিতে আমরা একটি সংখ্যাকে বুঝি এবং উক্তসংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু উক্ত মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ—যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণ সংখ্যা হইয়া থাকে। ইহা ভগ্নাংশ হইতে পারে না।

মৌলিক পদার্থের ভিতর আর্গন, হিলিয়াম প্রভৃতি গ্যাসীয় মৌল (যাহা বায়ুতে বর্তমান আছে) অন্য কোন পদার্থের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। ইহাদের কোন যোজ্যতা নাই, সেইজন্য ইহাদিগকে **শূন্যযোজী** (Zero-valent) মৌল বলে। অন্যান্য মৌলিক পদার্থগুলিকে তাহাদের যোজ্যতা অনুসারে বিভিন্ন বিভাগে স্থাপিত করা যাইতে পারে। যেমন,

একযোজী	দ্বিযোজী	ত্রিযোজী	চতুর্যোজী	পঞ্চযোজী	ষষ্ঠযোজী	সপ্তযোজী	অষ্টযোজী
হাইড্রোজেন ক্লোরিণ ব্রোমিন আয়োডিন ফ্লুয়োরিন	অক্সিজেন সলফার	নাইট্রোজেন বোরন ফস্‌ফোরাস	কার্বন সিলিকন্‌	ফস্‌ফোরাস আর্সেনিক	সল্‌ফার সেলেনিয়াম		
সোডিয়াম পটাসিয়াম সিলভার (রৌপ্য)	ক্যালসিয়াম ম্যাগ্‌নেসিয়াম জিঙ্ক (দস্তা)	অ্যালুমিনিয়াম আয়রন (লৌহ) গোল্ড (স্বর্ণ)	টিন্‌ প্লাটিনাম লেড (সীসা)	অ্যান্টিমনি	ক্রোমিয়াম	ম্যাঙ্গানিজ	অস্‌মিয়াম

কোন কোন মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয় না; যেমন, জিঙ্ক, কপার প্রভৃতি। ইহাদের ক্ষেত্রে ইহাদের যোজ্যতা নিরূপণ করিতে হইলে অন্য কোন একযোজী মৌলিক পদার্থের, যথা ক্লোরিণের, কতগুলি পরমাণুর সহিত জিঙ্ক বা কপারের একটি পরমাণু সংযুক্ত হইতে পারে তাহা নিরূপণ করা হয় এবং ক্লোরিণের পরমাণুর সংখ্যাই উক্ত মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা বলিয়া গ্রহণ করা হয়। জিঙ্কের ক্ষেত্রে তাহার একটি পরমাণু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনের কতগুলি পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে তাহা নিরূপণ করিয়াও উহার যোজ্যতা স্থিরীকৃত হয়। যেমন, জিঙ্কের একটি পরমাণু সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। অতএব জিঙ্কের যোজ্যতা

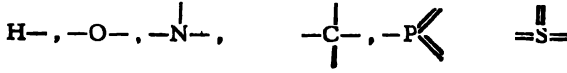
একই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বিভিন্ন হইতে পারে। যেমন নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন বা পাঁচ হইতে পারে; অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ত্রিযোজী, আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে (NH_4Cl) নাইট্রোজেন পঞ্চযোজী। সেইরূপ সলফারের যোজ্যতা দুই, চার বা ছয় হইতে পারে, যেহেতু সলফারের বিভিন্ন যৌগ সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), সলফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ও সলফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) পাওয়া যায়।

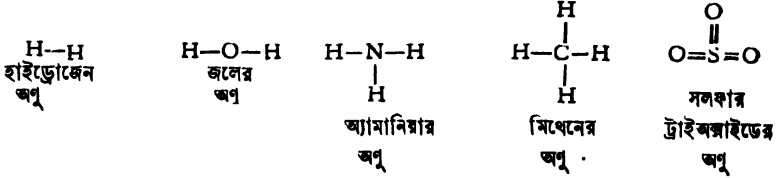
বিভিন্ন মৌলের কতকগুলি পরমাণুর সমবায় সমগ্রভাবে একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মত রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিতে পারে। এইরূপ পরমাণুর সমবায়কে **যৌগমূলক** (Compound Radical) বলে। (NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2CO_3$, $(NH_4)_2SO_4$ এইগুলিতে NH_4 একটি যৌগমূলক। অন্যান্য যৌগমূলকের উদাহরণ, NO_3, CO_3, SO_4 প্রভৃতি। প্রত্যেক যৌগমূলকের বিভিন্ন যোজ্যতা থাকে। নিম্নে একটি মৌল ও যৌগমূলকের যোজ্যতার তালিকা প্রদত্ত হইল (৫২ পৃষ্ঠা দেখ)।

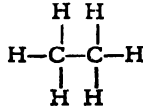
জৈব রসায়নে মিথাইল (CH_3), ইথাইল (C_2H_5), ফিনাইল (C_6H_5) প্রভৃতি একযোজী যৌগমূলক দেখিতে পাওয়া যায়।

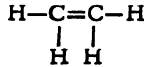
পদার্থের গঠন-সংকেত :—মৌলের পরমাণুর সংযোজন দ্বারা রাসায়নিক পদার্থের গঠন সম্বন্ধে ধারণা করিতে হইলে আমরা প্রত্যেক মৌলের সহিত এক বা একাধিক সংযোজক যুক্ত

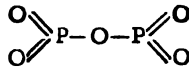
বলিয়া ধরিয়া লইয়া থাকি। প্রত্যেকটি সংযোজক মৌলের চিহ্নের গায়ে একটি করিয়া সরলরেখা টানিয়া দেখান হইয়া থাকে। যথা—

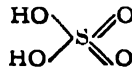
$$\text{H}-,\ -\text{O}-,\ -\overset{|}{\text{N}}-,\qquad -\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}-,\ -\text{P}\!\lessgtr \qquad =\overset{\|}{\text{S}}=$$

রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত হইবার সময় একজোড়া সংযোজক একত্রিত হইয়া একটি যোজ্যতায় পরিণত হয়। যেমন—

H—H	H—O—H	H—N(—H)—H	H—C(H)(H)—H	O=S(=O)=O
হাইড্রোজেন অণু	জলের অণু	অ্যামানিয়ার অণু	মিথেনের অণু	সলফার ট্রাইঅক্সাইডের অণু

যৌগগুলিকে দুই ভাগ করা হইয়া থাকে, যথা—সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত। সংপৃক্ত যৌগে একটি মৌলের সমস্ত সংযোজকগুলি অন্য মৌলের পরমাণুর সংযোজক দ্বারা পুরোপুরি ভাবে ব্যবহৃত হয়। যেমন,—ইথেনে,

$$\begin{array}{c} \text{H}\ \ \text{H} \\ |\ \ \ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ |\ \ \ | \\ \text{H}\ \ \text{H} \end{array}$$

কিন্তু ইথিলিনে দুইটি কার্বনের পরমাণুর ভিতর একটি করিয়া কার্বনের সংযোজক নিজেদের ভিতর যুক্ত হয়, যেমন,

$$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ |\ \ \ | \\ \text{H}\ \ \text{H} \end{array}$$

ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইডের সংগঠন সংকেত হইল

$$\begin{array}{c} \text{O}\diagdown\ \ \ \ \ \ \ \ \ \diagup\text{O} \\ \text{P}-\text{O}-\text{P} \\ \text{O}\diagup\ \ \ \ \ \ \ \ \ \diagdown\text{O} \end{array}$$

সলফিউরিক অ্যাসিডের গঠন সংকেত হইল

$$\begin{array}{c} \text{HO}\diagdown\ \ \diagup\text{O} \\ \text{S} \\ \text{HO}\diagup\ \ \diagdown\text{O} \end{array}$$

গঠন সংকেত হইতে পদার্থের ধর্ম কিছুটা ব্যাখ্যা করা যায়।

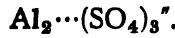
পদার্থসমূহের গঠন সংকেত নানা প্রকার পরীক্ষা দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে। এই পুস্তকের তৃতীয় ভাগে পদার্থের ইলেকট্রনীয় গঠন দেখান হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে সলফিউরিক অ্যাসিডে যে দুইটি OH পুঞ্জ আছে এবং অন্য দুইটি অক্সিজেন পরমাণু যে দুইটি করিয়া যোজক দ্বারা সলফারের সহিত যুক্ত তাহা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণিত হইয়াছে।

মৌল ও যৌগমূলকের যোজ্যতার তালিকা

একযোজী মৌল ও যৌগমূলক		দ্বিযোজী মৌল ও যৌগমূলক	
ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী
$H^{\cdot}$ (হাইড্রোজেন)	OH' (হাইড্রক্সাইড্)	$Ba^{\cdot\cdot}$ (বেরিয়াম্)	[O'' (অক্সাইড্)]
$K^{\cdot}$ (পটাসিয়াম্)	Cl' (ক্লোরাইড্)	$Ca^{\cdot\cdot}$ (ক্যালসিয়াম্)	S'' (সলফাইড্)
$Na^{\cdot}$ (সোডিয়াম্)	Br' (ব্রোমাইড্)	$Mg^{\cdot\cdot}$ (ম্যাগনেসিয়াম্)	SO_3'' (সলফাইট্)
$NH_4^{\cdot}$ (অ্যামোনিয়াম্)	I' (আয়োডাইড্)	$Zn^{\cdot\cdot}$ (জিঙ্ক)	SO_4'' (সলফেট্)
$Ag^{\cdot}$ (সিলভার)	CN' (সাইনাইড্)	$Fe^{\cdot\cdot}$ (ফেরাস্)	CO_3'' (কার্বনেট্)
$Hg^{\cdot}$ (মারকিউরাস্)	NO'_3 (নাইট্রেট্)	$Ni^{\cdot\cdot}$ (নিকেল)	CrO_4'' (ক্রোমেট্)
$Cu^{\cdot}$ (কিউপ্রাস্)	NO'_2 (নাইট্রাইট্)	$Co^{\cdot\cdot}$ (কোবাল্ট)	Cr_2O_7'' (ডাইক্রোমেট্)
	ClO' (হাইপোক্লোরাইট্)	$Hg^{\cdot\cdot}$ (মারকিউরিক্)	C_2O_4'' (অক্সেলেট্)
	ClO'_2 (ক্লোরাইট্)	$Cu^{\cdot\cdot}$ (কিউপ্রিক্)	বিঃ দ্রঃ—O'' কে আয়ন
	ClO_3 (ক্লোরেট্)	$Pb^{\cdot\cdot}$ (প্লামবাস্)	হিসাবে পাওয়া যায় না।
	$C_2H_3O'_2$ (অ্যাসিটেট্)	$Sn^{\cdot\cdot}$ (স্ট্যানস্)	তাই বন্ধনীর ভিতর আলাদা
			বসান হইল।

ত্রিযোজী মৌল ও যৌগমূলক		চতুর্যোজী মৌল ও যৌগমূলক	
ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী	ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী
As··· (আর্‌সেনিয়াস্)	PO_4''' (ফস্‌ফেট্)	Pb···· (প্লামবিক্)	$Fe(CN)_6''''$ (ফেরোসায়ানাইড)
Bi··· (বিস্‌মাথ)	PO_3''' (ফস্‌ফাইট্)	Sn···· (স্ট্যানিক্)	
Sb··· (অ্যান্টিমনি)	AsO_4''' (আর্সেনেট্)	Pt···· (প্ল্যাটিনিক্)	
Al··· (অ্যালুমিনিয়ম্)	AsO_3''' (আর্সেনাইট্)		
Fe··· (ফেরিক্)	$Fe(CN)_6'''$ (ফেরিসায়ানাইড্)		
Cr··· (ক্রোমিক্)			

নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 3 বা 5, ফস্‌ফোরাসের যোজ্যতাও 3 বা 5, কার্বনের যোগ্যতা 4। ইহারা মৌল পদার্থ এবং ইহাদের আয়ন হিসাবে পাওয়া যায় না তালিকাতে ° চিহ্ন দ্বারা ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী আয়ন এবং ′ চিহ্ন দ্বারা ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী আয়ন বুঝান হইয়াছে। যৌগিক পদার্থের উৎপত্তির সময় ধনাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী আয়নের সহিত ঋণাত্মক-বিদ্যুৎ-পরিবাহী আয়নের সংযোগ হয়। যৌগ পদার্থের সংকেত লিখিবার সময় এই তালিকা আমাদের সাহায্য করে। যেমন, অ্যালুমিনিয়াম সলফেট-এর সংকেত লিখিতে ত্রিযোজী $Al^{\cdots}$ লিখিয়া তাহার পার্শ্বে দ্বিযোজী সলফেট SO_4'' লেখা হয়। তাহার পর যোজ্যতার অঙ্ক উল্টাইয়া প্রত্যেকটির নিম্নে লেখা হয়। যথা,

$$Al_2^{\cdots}(SO_4)_3''.$$

সেইরূপ পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের সংকেত $K_4^{\circ}Fe(CN)_6''''$. ক্যালসিয়াম ফেরিসায়ানাইডের সংকেত $Ca_3^{\cdot\cdot}\,[Fe(CN)_6''']_2$.

Questions

1. What is understood by the formula of a substance? What are the meanings attached to the formula of a substance? Illustrate by an example.

১। পদার্থের সংকেত বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের সংকেতের সহিত কোন্ কোন্ ব্যাখ্যা জড়িত থাকে তাহা উদাহরণ সহকারে বুঝাইয়া দাও।

2. What is meant by chemical equation? Interpret fully the equation $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$.

২। রাসায়নিক সমীকরণ বলিতে কি বুঝায়? সম্পূর্ণরূপে নিম্নলিখিত সমীকরণটি ব্যাখ্যা কর :—
$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$.

3. What are the limitations of a chemical equation? Illustrate by an example how to write a correct chemical equation?

৩। রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা কোথায় উদাহরণ সহকারে বুঝাইয়া দাও। কিরূপে বিশুদ্ধ রাসায়নিক সমীকরণ লেখা যায়।

4. What is meant by valency of an element? Indicate the valency of the following elements and radicals :—O, N, P, S, NO_3, NH_4, SO_4, PO_4.

৪। মৌলের যোজ্যতা বলিতে কি বুঝায়? নিম্নলিখিত মৌলগুলির ও যৌগমূলকগুলির যোজ্যতা লিখ :—অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ফস্‌ফোরাস্, সালফার, নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম, সালফেট, ফস্‌ফেট।

5. Write out the formulae of the following compounds from a knowledge of valency of elements and radicals :

Calcium phosphate, Aluminium sulphate. Zinc nitride. Calcium ferricyanide, Ferric ferrocyanide. Plumbic chloride, Ferrous arsenite.

৫। নিম্নলিখিত যৌগগুলির সংকেত মৌলের ও যৌগমূলকের যোজ্যতার জ্ঞান হইতে লিখ :—ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট, অ্যালুমিনিয়াম সলফেট, জিঙ্ক নাইট্রাইড, ক্যালসিয়াম ফেরিসায়ানাইড, ফেরিক ফেরোসায়ানাইড, প্লামবিক ক্লোরাইড, ফেরাস আরসেনাইট।

6. What do you understand by the terms atom, molecule, symbol and formula? What does a chemical equation indicate? Illustrate with reference to the equation $N_2+3H_2=2NH_3$. What does not this equation state about the chemical reaction involved? (W. B. H. S. Science, 1960)

৬। নিম্নলিখিত নামগুলি দ্বারা কি বুঝ? পরমাণু, অণু, চিহ্ন এবং সংকেত। রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা কি বুঝা যায়? নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিষয়টি বুঝাইয়া দাও :—$N_2+3H_2=2NH_3$. এই সমীকরণটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার কোন্ কোন্ বিষয় বুঝাইয়া দেয় না?

পঞ্চম অধ্যায়

বায়ু (Air)

পৃথিবীর চারিদিকে একটি গ্যাসীয় আবরণ আছে, তাহাকেই বায়ুমণ্ডল বলা হয়। প্রাচীনকালে হিন্দু ও গ্রীক দার্শনিকগণ বায়ুকে একটি মৌলিক পদার্থ মনে করিতেন। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে শীলে (Scheele), প্রিস্টলে (Priestely) ও ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে দুই প্রকার গ্যাসীয় পদার্থের অস্তিত্ব প্রমাণিত করেন, তাহাদের একটি বিভিন্ন দহন-ক্রিয়ায় এবং প্রাণীদের শ্বাসকার্যে অংশ গ্রহণ করে, অপর অংশের সেই ক্ষমতা নাই। অতএব বায়ু দুই প্রকার গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণে উদ্ভূত। যে গ্যাসীয় পদার্থ দহনকার্যে ও শ্বাসগ্রহণে একান্ত প্রয়োজন, তাহার নাম **অক্সিজেন** (Oxygen) দেওয়া হইয়াছে। অপর গ্যাসীয় পদার্থটির নাম **নাইট্রোজেন** (Nitrogen)।

বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন এই দুইটি গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের মিশ্রণ। এই দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ ছাড়াও বায়ুতে অল্পপরিমাণ জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাইঅক্সাইড, নিষ্ক্রিয় গ্যাস (যথা আরগন্, হিলিয়ম, নিয়ন্ প্রভৃতি) মিশ্রিত আছে।

বায়ু মিশ্র পদার্থ। সুতরাং উহার উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বত্র এবং বৎসরের সকল সময় নির্দিষ্ট থাকে না। তথাপি মোটামুটি আয়তন হিসাবে উহাদের অনুপাত দেখা যায়—

অক্সিজেন	20·60 ভাগ
নাইট্রোজেন	77·16 ভাগ
জলীয় বাষ্প	1·40 „
নিষ্ক্রিয় গ্যাস (আরগন্, হিলিয়ম প্রভৃতি) ...	0·80 „
কার্বন ডাই-অক্সাইড	0·04 „
	100·00 „

উপরে উল্লিখিত উপাদানগুলি ছাড়াও বায়ুতে অতি সামান্য অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, ওজোন্, নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প, সলফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সলফাইড, এবং প্রচুর ধূলিকণা বর্তমান থাকে।

ল্যাভয়সিয়ার বায়ুর উপর দুই প্রকারের পরীক্ষা চালাইয়া বায়ুর প্রধান দুইটি উপাদানের অস্তিত্ব ও তাহাদের আয়তনিক পরিমাণ নির্ণয় করেন। তাঁহার প্রথম পরীক্ষা টিন লইয়া সংঘটিত। তিনিই প্রথম রাসায়নিক পরীক্ষাতে দাঁড়িপাল্লা ব্যবহার করেন।

তিনি একখণ্ড টিন ওজন করিয়া একটি বকযন্ত্রে (Retort) স্থাপন করেন এবং বকযন্ত্রের মুখে কাচ গলাইয়া মুখটি সম্পূর্ণরূপে বন্ধ করিয়া দেন। টিনসমেত বকযন্ত্রটি দাঁড়িপাল্লায় ওজন করিয়া লন। তাহার পর টিনসমেত বকযন্ত্রটি অনেকক্ষণ ধরিয়া অগ্নিতে উত্তপ্ত করেন। ইহাতে তিনি দেখিতে পান যে, টিনের সাদা রং অন্তর্হিত হইয়া কালো রং-এর কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হইয়াছে। তখন তিনি বকযন্ত্রটি আগুনের উপর হইতে সরাইয়া আনিয়া ঠাণ্ডা করেন এবং ওজন করেন। তাহাতে দেখিতে পান যে, টিন-সমেত বক-যন্ত্রটির ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। বকযন্ত্রের মুখটি আগুনে গলাইয়া খুলিয়া ফেলিলে তিনি দেখিতে পান যে, বায়ু জোরে বকযন্ত্রটির ভিতর প্রবেশ করিল। তাহার পর ওজন লইয়া তিনি দেখিতে পান যে, টিনসহ বকযন্ত্রটির ওজন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। ইহার পর তিনি টিন হইতে

উদ্ভূত কালো রং-এর কঠিন পদার্থটি বাহিরে আনিয়া ওজন করেন এবং দেখিতে পান যে, তাহার ওজন টিনের ওজন অপেক্ষা বেশী এবং এই ওজনের বৃদ্ধি যন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া খোলার পর তাহার যে ওজনের বৃদ্ধি দেখা গিয়াছিল তাহার সহিত সমান।

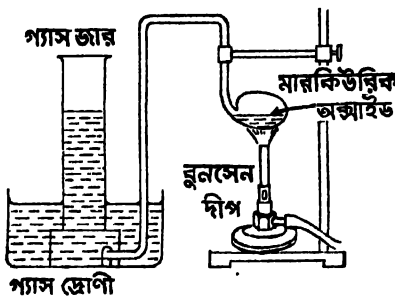
ল্যাভয়সিয়ার ইহাও দেখাইয়াছিলেন যে, বায়ুর সমস্ত অংশ গরম টিনের সহিত ক্রিয়া করে না।

এই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার স্থির করেন যে, টিনের ওজনের বৃদ্ধির কারণ গরম অবস্থায় ইহার বায়ুর কিছুটা অংশের সহিত সংযুক্ত হওয়া এবং বায়ুর ওজন যে পরিমাণে কমে টিনের ওজন সেই পরিমাণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। বকযন্ত্রের মধ্যস্থিত বায়ু সমস্ত টিনের পরিবর্তন ঘটাইয়া থাকে। কিন্তু সমগ্র বায়ুই তাহাতে ব্যবহৃত হয় না, কিছুটা অবশিষ্ট পড়িয়া থাকে। ইহা হইতে তিনি অনুমান করেন যে, বায়ুতে অন্ততঃ দুইটি উপাদান আছে এবং তাহারই একটি উত্তপ্ত টিনের সহিত সংযুক্ত হয়।

ল্যাভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষা পারদ (mercury) লইয়া। তিনি একটি বকযন্ত্রে প্রায় 4 আউন্স বিশুদ্ধ পারদ ভরিয়া লইলেন এবং বকযন্ত্রের গলাটি তাতাইয়া বড় করিয়া বাঁকাইয়া লইলেন। তাহার পর বকযন্ত্রের ঐ বাঁকান গলাটি অন্য একটি পাত্রস্থিত পারদের মধ্যে এরূপভাবে বসান হইল যে, উহার মুখটি পাত্রস্থ পারদের-উপরে বাহির হইয়া থাকে। পাত্রস্থ পারদের উপর একটি বেলজার (Bell-jar) এরূপভাবে বসান হইল যে, বকযন্ত্রের বাঁকান নলটি তাহার ভিতর ঢাকা পড়িল। ইহাতে বেলজারের মধ্যস্থিত বায়ুর সহিত বকযন্ত্রের অভ্যন্তরের সংযোগ থাকিল। বেলজারের ভিতরে এবং বাহিরে অবস্থিত পাত্রস্থ পারদ একই সমতলে থাকিল। বায়ুর আয়তন মাপিবার জন্য বেলজারের গায়ে দাগ কাটা ছিল। অতঃপর বকযন্ত্রটি একটি চুল্লীর (Oven) উপরে রাখিয়া বার (12) দিন যাবৎ ক্রমাগত পারদের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উত্তপ্ত করা হইল। তখন ল্যাভয়সিয়ার দেখিতে পাইলেন যে, বকযন্ত্রস্থিত পারদের উপর ক্রমশঃ লালকণা উৎপন্ন হইয়া ভাসিতেছে এবং বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ ক্রমশঃ উপরে উঠিতেছে। বার দিন উত্তপ্ত করার পরে লাল কণার পরিমাণ আর বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইল না এবং

চিত্র নং—9

বেলজারের মধ্যস্থিত বায়ুর পরিমাণ আর কমিল না, যেহেতু বেলজারের ভিতর পারদ উঠিয়া একস্থানে স্থির হইয়া থাকিল। তাহার পর বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হইল এবং বেলজারের মধ্যস্থিত বায়ুর আয়তন দেখা হইল। দেখা গেল যে, বেলজারে আবদ্ধ বায়ুর মাত্র $\frac{1}{5}$ অংশ কমিয়া গিয়াছে এবং $\frac{4}{5}$ অংশ অবশিষ্ট আছে। বায়ুর অবশিষ্ট অংশে তিনি প্রজ্বলিত কাঠি প্রবেশ করাইলেন, উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল। উক্ত অবশিষ্ট বায়ুর ভিতর তিনি একটি ছোট ইন্দুর রাখিলেন। ইন্দুরটি দম আটকাইয়া মারা গেল। অবশিষ্ট বায়ু প্রাণীদের শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না। ইহা হইতে স্পষ্টই বুঝা যায় যে, বায়ুর দুইটি অংশ আছে। একটি উত্তপ্ত পারদ দ্বারা শোষিত হয় এবং অপরটি দহনে বা শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না। ল্যাভয়সিয়ার এই দ্বিতীয় অংশটির নাম **অ্যাজোট** (Azote) দিয়াছিলেন, পরে ঐ নাম পরিবর্তন করিয়া উহাকে নাইট্রোজেন নামে অভিহিত করা হয়। যেহেতু এই মৌলটিকে নাইটারে দেখিতে পাওয়া যায়, তাই চাপটাল (Chaptal) মৌলটির নাইট্রোজেন এই নামকরণ করেন।

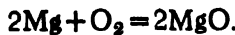
অতঃপর ল্যাভয়সিয়ার বকযন্ত্রে উৎপন্ন লাল পদার্থটিকে পৃথক করিয়া আনিয়া একটি পরীক্ষানলে রাখিলেন। ঐ পরীক্ষানলের মুখটিতে একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দিলেন। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাসদ্রোণীতে (Trough) স্থিত জলের উপর উপুর-করা জলপূর্ণ গ্যাস-জারের (gas-jar) ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলেন। তৎপরে তিনি পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলেন। একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া গ্যাস-জারে জমা হইল এবং লালপদার্থটি পুনরায় উজ্জ্বল পারদে পরিণত হইল। ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন যে, (1) পূর্বোক্ত পরীক্ষায় বেলজার হইতে যে আয়তনের গ্যাস অন্তর্হিত হইয়াছিল এই উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন ঠিক তাহার সমান, এবং (2) উৎপন্ন গ্যাসে একটি জ্বলন্ত কাঠি দিলে উহা খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। অন্যান্য পদার্থের প্রজ্বলনও এই গ্যাসে অতি দ্রুত এবং উজ্জ্বলভাবে সম্পন্ন হয়। প্রাণীদের শ্বাসকার্যেরও এই গ্যাস সহায়তা করে।

চিত্র নং—10

ল্যাভঁয়সিয়ার এই গ্যাসের নাম **অক্সিজেন** (Oxygen) দিয়াছিলেন এবং সেই নামেই এই গ্যাস এখনও অভিহিত হয়।

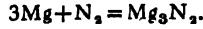
এই দুই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করিলেন যে, (1) বায়ুর মধ্যে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ আছে। একটি অক্সিজেন এবং অপরটি নাইট্রোজেন। প্রথমটিতে জ্বলন্তপদার্থ অতি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে, আর একটিতে জ্বলন্ত পদার্থ নিভিয়া যায়। (2) মোটামুটি বায়ুর আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন এবং $\frac{4}{5}$ অংশ নাইট্রোজেন। (3) ধাতুর দহনের সময় কেবলমাত্র অক্সিজেন ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

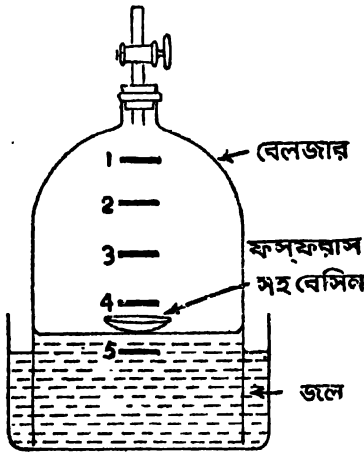
বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনিক পরিমাণ নিম্নলিখিত পরীক্ষা দুইটি দ্বারা দেখান যাইতে পারে।

পরীক্ষা (1)ঃ—একটি ছোট পোর্সিলেন মুচি (Porcelain crucible) শুষ্ক করিয়া কিছুক্ষণ দীপ্ত বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হইল। তাহার পর শোষকাধারে (Desiccator) সেইটি রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হইল। তাতান, ঠাণ্ডা করা ও ওজন লওয়া দুই-তিনবার করার পর মুচিটির ওজন স্থিরাঙ্কে আসিল। তখন তাহাতে কিছু ম্যাগনেসিয়াম তার রাখা হইল। পুনরায় তারসমেত মুচিটি ওজন করা হইল। দুই ওজনের পার্থক্য ম্যাগনেসিয়ামের তারের ওজন। মুচিটি একটি গ্যাসদ্রোণী-স্থিত জলে ভাসাইয়া দেওয়া হইল। তৎপরে ম্যাগনেসিয়ামে আগুন ধরাইয়া জলের উপর একটি দাগকাটা বেলজার চাপা দেওয়া হইল। ম্যাগনেসিয়াম পুড়িয়া সাদা ছাই-এ পরিণত হইল। অগ্নি নির্বাপিত হইলে এবং গ্যাসজারের ভিতরের বায়ু ঠাণ্ডা হইলে দেখা গেল যে, গ্যাসজারের আয়তনের প্রায় $\frac{1}{5}$ অংশে জল উঠিয়াছে। মুচিটি জলের উপর হইতে তুলিয়া আনিয়া বিশেষভাবে শুষ্ক করা হইল এবং বুনসেন দীপে তাতানো, শোষকাধারে ঠাণ্ডা করা এবং ওজন লওয়া কয়েকবার করিবার পর মুচিটির ওজন স্থিরাঙ্কে আসিল। তখন দেখা গেল যে, ম্যাগনেসিয়ামের ভস্মসমেত মুচিটির ওজন ম্যাগনেসিয়াম সমেত মুচিটির ওজন অপেক্ষা বেশী হইয়াছে। ইহা হইতে বুঝা গেল যে, বায়ুর এক অংশ (অক্সিজেন) ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করিয়াছে। সেই কারণে ওজন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO.$$

বেলজারের মধ্যস্থিত অবশিষ্ট বায়ু দহন-ক্রিয়াতে বা শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না। ইহা নাইট্রোজেন।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : এই পরীক্ষায় সামান্ত কিছু নাইট্রোজেন ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয় এবং তাহার ফলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড নামক যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয়। সেইজন্তও ম্যাগনেসিয়ামের ওজন কিছুটা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2.$$

পরীক্ষা (2) :—ফস্‌ফোরাসের দহন (Burning of Phosphorus) :— এই পরীক্ষা দ্বারা পূর্বের পরীক্ষা অপেক্ষা শুদ্ধভাবে বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনিক পরিমাণ নির্ণীত হয়।

একটি বড় চওড়া খোলা কাচের পাত্রে খানিকটা জল লওয়া হয়। একটি ছোট পোর্সিলনের মুচিতে একটু সাদা ফস্‌ফোরাস লইয়া মুচিটি সেই পাত্রস্থ জলে ভাসাইয়া দেওয়া হইল। তৎপরে মুচিটির উপর একটি বেলজার চাপা দেওয়া হইল। বেলজারের মধ্যস্থিত জলের অবস্থান হইতে বেলজারের অবশিষ্ট অংশকে দাগ-কাটা কাগজ দিয়া পাঁচটি সমান অংশে ভাগ করা হইল। এইবার বেলজারের ছিপি খুলিয়া জলন্ত পাকাটির সাহায্যে ফস্‌ফোরাসে আগুন ধরাইয়া ছিপি বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। ফস্‌ফোরাসের টুকরাটি খানিকক্ষণ পুড়িয়া নিভিয়া যাইবে। বেলজারটি ঠাণ্ডা হইলে দেখা যাইবে যে, বেলজারের ভিতর প্রায় একটি দাগ পর্যন্ত জল উঠিয়াছে অর্থাৎ বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অন্তর্হিত হইয়াছে। অবশিষ্ট বায়ুর কোন দহন-ক্ষমতা না থাকায় ফস্‌ফোরাসের আগুন নিভিয়া গিয়াছে। দহনের সময় বায়ুর অক্সিজেন ফস্‌ফোরাসের সহিত যুক্ত হইয়াছে এবং তাহাতে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড (Phosphorus pentoxide) উৎপন্ন হইয়াছে। ইহা সাদা ধোঁয়ার আকারে দেখা দেয় এবং পরে ইহা পাত্রস্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া বেলজার হইতে অন্তর্হিত হয়। $4P+5O_2=2P_2O_5$। $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$। বেলজারের এক-পঞ্চমাংশ স্থান জল অধিকার করে। সুতরাং বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন, বাকী গ্যাস যাহা ফস্‌ফোরাসের দহনে সাহায্য করে না, তাহা নাইট্রোজেন।

চিত্র নং—11

বায়ুর ভিতর হইতে অক্সিজেন সরাইতে হইলে ফস্‌ফোরাসের পরিবর্তে গন্ধক, কার্বন বা মোমবাতি জ্বালান যাইতে পারে অথবা কোন আবদ্ধ পাত্রে বায়ু লইয়া তাহাতে ক্ষারীয় পায়রোগ্যালেট (Alkaline pyrogallate) যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া বায়ুর অক্সিজেন সরান যাইতে পারে।

বায়ুর উপাদানসমূহের অস্তিত্ব পরীক্ষা ও তাহাদের কার্যকারিতা (Detection of the constituents of Air and their functions):

(1) **অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনঃ**—বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে পূর্বে বর্ণিত ল্যাভয়সিয়ারের পারদ লইয়া পরীক্ষা বর্ণনা করিতে হইবে (পৃষ্ঠা ৫৭)। লালবর্ণ পদার্থ যাহা পারদের উপর হইতে সংগ্রহ করা যায় তাহা উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায়, তাহা অক্সিজেন বলিয়া প্রমাণ করা যায়। আর বেলজারে যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস পড়িয়া থাকে তাহা নাইট্রোজেন এবং ঐ গ্যাসে জ্বলন্ত বাতি প্রবেশ করাইয়া দিলে উহা নিভিয়া যায়।

কার্যকারিতাঃ—অক্সিজেন প্রাণিসমূহের প্রাণধারণের জন্য একান্ত প্রয়োজন। নিঃশ্বাসের সময় প্রাণিগণ নাকমুখ দিয়া বায়ু দেহের ভিতর টানিয়া লয়। বায়ুর অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন খাদ্যদ্রব্যের উপাদানের সহিত ক্রিয়া করে এবং সেই সকলের মৃদু দহন (শিখাবিহীন দহন) নিষ্পন্ন করে। তাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল ও তাপ উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প প্রশ্বাসের সহিত বাহিরে আসিয়া বায়ুর সহিত মিশ্রিত হয় এবং উৎপন্ন তাপ দেহের উষ্ণতা রক্ষা করে এবং আমাদের কার্যে শক্তি যোগায়। অক্সিজেন সকল প্রকার দহন-কার্যে সহায়ক। কয়লা পোড়াইয়া রন্ধন-কার্য বা রাত্রির অন্ধকারে বাতি জ্বালাইয়া পড়াশুনা করা একমাত্র বায়ুতে অক্সিজেন থাকার জন্যই সম্ভব।

বাতাসে নাইট্রোজেন থাকার ফলে শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়া এবং দহন-ক্রিয়া সুষ্ঠু ও নিয়মিতভাবে সম্পন্ন হয়। বায়ুতে নাইট্রোজেন না থাকিলে শ্বাসগ্রহণের সহিত অবিমিশ্র অক্সিজেন গ্রহণের ফলে প্রাণিদেহের অভ্যন্তরে দহন-ক্রিয়া অতি দ্রুত সম্পন্ন হইত এবং জীবনধারণ করা অতীব কষ্টপ্রদ হইত বা বেশীদিন জীবনধারণ করা যাইত না। দ্রুতদহনের ফলে কয়লা পোড়ান বা বাতি জ্বালান একপ্রকার অসম্ভব হইয়া উঠিত, কারণ খুবই দ্রুতভাবে দহনকার্য চলিতে থাকিত। উপরন্তু

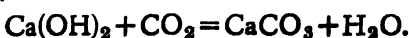
বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন হইতে পরোক্ষভাবে উদ্ভিদ ও তথা প্রাণীর নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত হয়।

(2) **জলীয় বাষ্প** (Water Vapour):—একটি কাচের গ্লাসে বরফ রাখিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, ধীরে ধীরে গ্লাসের বহির্ভাগে বিন্দু বিন্দু জল জমিতেছে। বায়ুর জলীয় বাষ্প শীতল গ্লাসের পাত্রের সংস্পর্শে শীতল হইয়া ঘনীভূত হয় এবং তরলাকারে গ্লাসের গায়ে সঞ্চিত হয়।

একটি কাচের ডিসে কিছুটা অনার্দ্র (anhydrous) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহা বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। ইহার ফলে প্রথমে উহা সিক্ত অবস্থায় আসে এবং পরে দ্রবণে পরিণত হয়।

কার্যকারিতা:—বায়ুর জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তুষার ও বৃষ্টিতে পরিণত হয়। সেই বৃষ্টির জলধারা ভূপৃষ্ঠে পড়িয়া নদীনালা দিয়া প্রবাহিত হইয়া সাগরে বা হ্রদে পতিত হয়। সূর্যের উত্তাপে আবার সেই জল বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। পৃথিবীতে এই পরিবর্তনচক্র সর্বদা কার্য করিতেছে বলিয়াই প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতের অস্তিত্ব সম্ভব হইয়াছে। এই জলীয় বাষ্প বায়ুতে না থাকিলে নদী, হ্রদ প্রভৃতির জল ক্রমাগত উড়িয়া যাইত এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ হইতেও জলীয় অংশ বাষ্পাকারে চলিয়া যাইত। তাহার ফলে প্রাণী ও উদ্ভিদকুল শুষ্ক হইয়া নির্মূল হইত।

(3) **কার্বন ডাই-অক্সাইড**:—একটি কাচের ডিসে কিছুটা স্বচ্ছ পরিস্রুত চুনের জল বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখিয়া দেওয়া হইল। তাহাতে দেখা যাইবে যে, ধীরে ধীরে ঐ জলের উপর একটি সাদা সর পড়ে এবং ক্রমশঃ চুনের জল ঘোলাটে হয়। চুন হইল ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] এবং তাহারই পরিস্রুত দ্রবণকে চুনের জল বলে। বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত চুনের জলের রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং সেই ক্রিয়ার ফলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট্ বা খড়িমাটি প্রস্তুত হয়। উহা ক্রমশঃ অধঃক্ষিপ্ত (precipitated) হইয়া চুনের জলকে ঘোলা করে। চুনের জলকে ঘোলা করাই কার্বন্ ডাই-অক্সাইডের বিশেষত্ব।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

কার্যকারিতা:—প্রাণিসমূহের শ্বাসকার্যের ফলে জীবদেহ হইতে সর্বদা কার্বন্ ডাই-অক্সাইড নির্গত হইতেছে। দহনের সময়ও দাহ্য বস্তুর কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইতেছে। এই সমস্ত কার্বন ডাই-

অক্সাইড বায়ুতে মিশিয়া যাইতেছে। কিন্তু তাহা হইলেও বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ একই প্রকার থাকে। তাহার কারণ উদ্ভিদেরা দিনের বেলায় সূর্যালোকের সাহায্যে এবং সবুজ ক্লোরোফিলের সহায়তায় কার্বন ডাই-অক্সাইডকে ভাঙ্গিয়া তাহার কার্বনটুকু গ্রহণ করিয়া অক্সিজেনটুকু বাতাসে ছাড়িয়া দেয়। উদ্ভিদগুলি তাহার পর কার্বন্ হইতে ক্রমশঃ তাহাদের খাদ্যদ্রব্য উৎপাদন করে। প্রাণিজগতে যে পরিমাণ কার্বন্ ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, উদ্ভিদজগৎ খাদ্য হিসাবে তাহা গ্রহণ করে। এইরূপে উদ্ভিদের সাহায্যে বায়ুতে কার্বন্ ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সমতা রক্ষিত হয়। কিছুটা কার্বন্ ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং তখন ইহা পাহাড়ের ক্ষয় ঘটাইয়া (weathering of rocks) নিম্নের জমিতে সার জাতীয় পদার্থের আগমন ঘটায়।

বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সাধারণ মিশ্রণ (mechanical mixture), উক্ত গ্যাসীয় পদার্থদ্বয়ের **যৌগ (compound) নহে।** নানা উপায়ে এই তথ্যটি প্রমাণিত হইতে পারে। এ বিষয়ে নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি বিশেষভাবে প্রয়োগ করা হয়।

(1) যে-কোন যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির তৌলিক অনুপাত একেবারে নির্দিষ্ট থাকে। বায়ু যদি অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইত তাহা হইলে কোন অবস্থাতেই উহাদের তৌলিক অনুপাতের ব্যতিক্রম হইতে পারিত না। কিন্তু বিভিন্ন স্থানের ও বিভিন্ন সময়ের বায়ুকে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের তৌলিক অনুপাতের সামান্য পার্থক্য হয়।

(2) দুইটি গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত হইবার সময়, হয় তাপ উদ্ভূত হয় অথবা তাপ শোষিত হয় এবং সময়ে সময়ে আয়তনের পরিবর্তন হয়। কিন্তু যে আয়তনিক অনুপাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন বায়ুতে বর্তমান আছে (21 : 78), সেই অনুপাতে উক্ত গ্যাসীয় পদার্থ দুইটি মিশাইলে কোনপ্রকার তাপ উদ্ভূত হয় না বা তাপ শোষিত হয় না বা কোনপ্রকার আয়তনিক পরিবর্তন হয় না, অথচ উক্ত মিশ্রণ সর্বপ্রকারে বায়ুর মত ব্যবহার করে।

(3) সাধারণতঃ যৌগিক পদার্থে উহার উপাদানসমূহ তাহাদের পারমাণবিক ওজনের সরল গুণিতকে বর্তমান থাকে। কিন্তু বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ইহাদিগের পারমাণবিক ওজনের (16 ও 14) সরল গুণিতকে বর্তমান নাই।

(4) বায়ুতে অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের ধর্ম পুরাপুরি দেখিতে পাওয়া যায়, যদিও তাহাদের তীব্রতা কিছু হ্রাস পায়। যৌগিক পদার্থে তাহার উপাদানগুলির ধর্ম মোটেই দেখিতে পাওয়া যায় না।

(5) যদি বায়ু যৌগ হইত, তবে তাহাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের তৌলিক শতকরা অনুপাত হইতে বায়ুর আণবিক সংকেত হওয়া উচিত N_4O এবং সেই অনুযায়ী বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour density) হইবে 36। কিন্তু বস্তুতঃ বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব মাত্র 14·4। যদি বায়ু 4 আয়তন নাইট্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণমাত্র হয়, তবে উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব নিম্নে প্রদর্শিত উপায়ে বাহির করা যাইতে পারে। 100 ঘন সেন্টিমিটার বায়ুতে 80 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন এবং 20 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন থাকে। নাইট্রোজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 14 এবং অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 16।

অতএব বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব $\frac{80\times14+20\times16}{100}$

$$=\frac{1120+320}{100}=\frac{1440}{100}=14{\cdot}4\text{।}$$

যেহেতু নির্ণীত বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব ও পরীক্ষামূলকভাবে নির্ধারিত বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব একই হইতেছে, সেইহেতু বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণমাত্র।

(6) বায়ু মিশ্রণ বলিয়া তাহা হইতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন সহজ উপায়ে পৃথক করা যায়। যথা :—

(ক) বায়ুকে একটি সচ্ছিদ্র পোর্সিলেন নলের ভিতর দিয়া ব্যাপিত (diffuse) হইতে দিলে সচ্ছিদ্র পোর্সিলেনের ভিতর দিয়া অক্সিজেনের তুলনায় অধিকতর নাইট্রোজেন বাহির হইয়া আসে। নির্গত গ্যাসে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত, বায়ুতে তাহারা যে অনুপাতে থাকে তাহা হইতে বিভিন্ন। বাতাস যৌগ পদার্থ হইলে তাহার উপাদানের অনুপাতের বৈষম্য এইভাবে ঘটান সম্ভব হইত না।

(খ) বায়ুকে অত্যন্ত শীতল করিয়া অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগে তরল অবস্থায় আনয়ন করা যায়। এই তরল বায়ুকে আংশিক বাষ্পীভবনের প্রভাবে প্রথমতঃ নাইট্রোজেনকে বাষ্পীভূত করা যায় এবং তখন তাহা তরল বায়ু হইতে পৃথক হইয়া যায়। বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ হইলে নাইট্রোজেনকে এই ভাবে পৃথক করা সম্ভব হইত না।

(গ) জলে বায়ুর দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে যে বায়ু বাহির হইয়া আসে তাহাতে অক্সিজেনের পরিমাণ সাধারণ বায়ু হইতে বেশী থাকে। ইহার কারণ জলে অক্সিজেন নাইট্রোজেন অপেক্ষা বেশী দ্রাব্য। বায়ু যৌগ পদার্থ হইলে জলে দ্রবীভূত বায়ু ও অদ্রবীভূত বায়ু একই প্রকার সংযুতি-বিশিষ্ট হইত।

এই সকল কারণের একটি হয়ত বায়ুর মিশ্রণাবস্থা প্রমাণে যথেষ্ট নাও হইতে পারে। কিন্তু সকলগুলি কারণ একত্রে পর্যালোচনা করিলে বায়ুকে একটি মিশ্রণ বলিয়াই গ্রহণ করিতে হয়।

Questions

1. What are the constituents of atmospheric air? Mention the percentage amount by volume of each constituent.

১। বায়ুর উপাদান কি কি? প্রত্যেক উপাদানের শতকরা আয়তনিক পরিমাণ উল্লেখ কর।

2. How Lavoisier became aware of the two principal constituents of air? How did he ascertain the proportions by volume of these two constituents of air?

২। বায়ুতে যে প্রধান দুইটি উপাদান আছে, তাহার সন্ধান ল্যাভয়সিয়ার কিভাবে পাইয়াছিলেন? তিনি উক্ত দুইটি প্রধান উপাদানের আয়তনিক অনুপাত কিভাবে নির্ণয় করেন?

3. Prove that air is a mechanical mixture.

৩। বায়ু যে মিশ্র পদার্থ তাহা প্রমাণ কর।

4. Describe two different methods for getting nitrogen from air.

৪। বায়ু হইতে নাইট্রোজেন গ্যাস পৃথক করিয়া পাইবার দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

5. Name the gaseous constituents of air other than nitrogen and oxygen. How can the existence of moisture and carbon dioxide in air be proved?

৫। বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ছাড়া আর কি কি গ্যাসীয় পদার্থ আছে তাহাদের নাম কর। বায়ুতে জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণিত করা যায়?

6 How can the presence of carbon dioxide in air be proved? Wherefrom this carbon dioxide comes into air and inspite of constant supply of carbon dioxide to air, how its proportion there is maintained nearly constant?

৬। বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায়? বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কিভাবে সঞ্চিত হয় এবং উক্তভাবে নিত্য সঞ্চিত হওয়া সত্ত্বেও তাহার পরিমাণ একই ভাবে থাকে কেন?

7. Describe *one* experiment in each case to prove that:

(i) air contains oxygen.

(ii) it is a mixture and not a compound of oxygen and nitrogen; and

(iii) oxygen and nitrogen are present in air in the ratio of approximatly 1 : 4 by volume.

৭। প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি পরীক্ষার বর্ণনা দ্বারা প্রমাণ কর যে:

(ক) বায়ুতে অক্সিজেন আছে

(খ) ইহা অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ মাত্র, উহাদের যৌগ নহে; এবং

(গ) বায়ুতে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন ১ : ৪ আয়তনিক অনুপাতে বর্তমান আছে।

ষষ্ঠ অধ্যায়

অক্সিজেন (Oxygen)

পারমাণবিক সঙ্কেত—O। আণবিক সঙ্কেত—O_2। পারমাণবিক ওজন—16।
বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক—16।

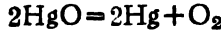
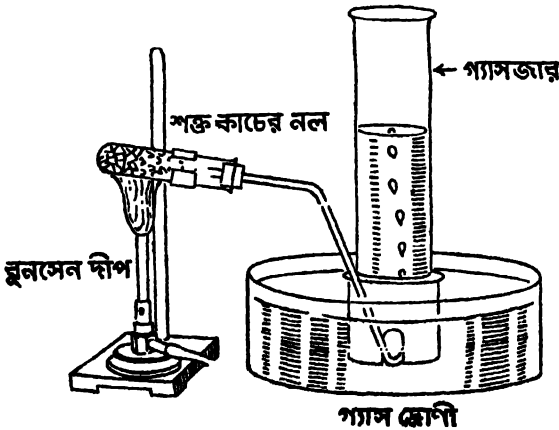
প্রিস্টলে (Priestley), শীলে (Scheele) ও ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) এই তিনজন বিখ্যাত বৈজ্ঞানিকের নাম অক্সিজেনের আবিষ্কারের ইতিহাসের সহিত জড়িত। অষ্টাদশ শতাব্দীর তৃতীয় পাদের শেষদিকে (1774) প্রায় একই সময়ে এই তিনজন বৈজ্ঞানিক স্বতন্ত্র উপায়ে এই গ্যাসটির সন্ধান প্রাপ্ত হন। প্রিস্টলে লাল মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) অতসী কাচের সাহায্যে ঘনীভূত সূর্যরশ্মি দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া এই গ্যাস প্রাপ্ত হন। ল্যাভয়সিয়ারের পারদ লইয়া বায়ুর উপর পরীক্ষার কথা আগেই বলা হইয়াছে (৫৭ পৃঃ) এবং তিনিই এ গ্যাসের অক্সিজেন নামকরণ করেন এবং ইহার কার্যকারিতার বিষয় উল্লেখ করেন। বাংলায় গ্যাসটিকে **অম্লজান** নামে অভিহিত করা হয়। অক্সিজেন শব্দের অর্থ অম্লোৎপাদক, কিন্তু এই নামের কোন সার্থকতা নাই, কারণ, অক্সিজেন ছাড়াও অনেক অম্ল পাওয়া যায় এবং সমস্ত অক্সাইডই আম্লিক (acidic) নহে। তবু বিশ্ববিশ্রুত বৈজ্ঞানিক ল্যাভয়সিয়ারের দেওয়া নাম তাঁহার স্মৃতির জন্যই আজও ব্যবহৃত হইতেছে।

অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে নাইট্রোজেনের সহিত সাধারণভাবে মিশ্রিত হইয়া আছে। তথায় অক্সিজেনের পরিমাণ বায়ুর আয়তনের 21%। যুক্ত অবস্থায় ইহা জলে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া আছে এবং তথায় জলের ওজনের শতকরা ৪৪'৪ ভাগই অক্সিজেন। মাটি, খনিজ পদার্থ, এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের অনেক বস্তুর ভিতরই উপাদান হিসাবে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে বর্তমান দেখিতে পাওয়া যায়। পৃথিবীতে যতগুলি মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহার ভিতর অক্সিজেনই প্রকৃতিতে সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে পাওয়া যায় এবং ভূস্তকের বস্তুসমষ্টির প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন।

অক্সিজেনের প্রস্তুতি :—অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে হইলে আমরা তিন প্রকার অক্সিজেন-ঘটিত যৌগ পদার্থ ব্যবহার করিয়া থাকি, যথা (1) অক্সিজেন-বহুল কতকগুলি যৌগ পদার্থ, (2) জল এবং (3) বায়ু।

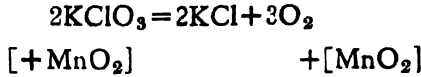
(i) (ক) **মারকিউরিক অক্সাইড** (HgO) হইতে তাপসংযোগে অক্সিজেন বিচ্ছিন্ন করা যায়। এই প্রকারে অক্সিজেন-প্রস্তুতি ও তাহা গ্যাসজারের জল অপসারণ করিয়া সংগ্রহ করার প্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে। (৫৮ পৃঃ)

লাল মার্কিউরিক অক্সাইড একটা শক্ত কাচের পরীক্ষানলে লইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। উদ্ভূত গ্যাসে একটি আভাযুক্ত কাষ্ঠখণ্ড ধরিলে উহা জ্বলিয়া উঠে।

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

(খ) **পরীক্ষাগার প্রণালী** (**Laboratory method**):—চারভাগ বিচূর্ণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ও একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) খলে (mortar) উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয়। একটি শক্ত কাচের অপেক্ষাকৃত মোটা পরীক্ষানলের (Hard glass test tube) প্রায় অর্ধেকটা ঐ মিশ্রণদ্বারা ভর্তি করা হয়। পরীক্ষানলের মুখে একটি কর্ক আঁটিয়া উহাতে একটি সরু দীর্ঘ বাঁকান নির্গম-নল (exit tube) জুড়িয়া দেওয়া হয়। একটি বন্ধনীর (clamp) সাহায্যে পরীক্ষানলটি মুখের দিকে একটু অবনমিত অবস্থায় একটি লোহার দণ্ডে আটকান হয় এবং নির্গম-নলের মুখটি একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর (pneumatic trough) জলের ভিতর ডুবাইয়া মধুকোষপীঠের (Beehive shelf) ভিতর ঢুকাইয়া দেওয়া

চিত্র নং—12

হয় এবং তাহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজারের মুখে ঢাকনা (cover glass)

দিয়া জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর জলের ভিতর উপুড় করিয়া দেওয়া হয় এবং তৎপরে জলের তলায় মধুকোষপীঠের উপর বসাইয়া ঢাকনা সরাইয়া লওয়া হয়। এক্ষণে পরীক্ষানলটি বুনসেন দীপ দ্বারা সাবধানে ধীরে ধীরে সমানভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ক্রমশঃ পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে এবং তাহা গ্যাসজারের জলকে অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে জমিবে। পটাসিয়াম ক্লোরেট বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

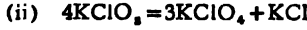
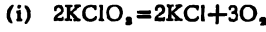
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$
$$[+MnO_2] \qquad\qquad +[MnO_2]$$

গ্যাসজারটি সম্পূর্ণভাবে অক্সিজেন-ভর্তি হইলে একটি ঢাকনা দ্বারা উহার মুখ বন্ধ করিয়া জলের বাহিরে আনিয়া রাখা হয়। এইরূপে কয়েকটি গ্যাসজার অক্সিজেন-ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং তাহা দ্বারা পরবর্তী (73-75) পৃষ্ঠায় বর্ণিত পরীক্ষাগুলি সম্পন্ন করা হয়।

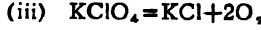
বিশেষ দ্রষ্টব্য : এই উপায়ে অক্সিজেন তৈয়ারী করিবার সময় কতকগুলি বিষয়ে অবহিত হইতে হইবে। (1) অনেক সময় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত কয়লার গুঁড়া মিশিয়া থাকে। তখন ঐ কার্বনযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করার ফলে পরীক্ষানলের ভিতর অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ দেখা দেয় এবং অনেক সময় বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। সেই কারণে অক্সিজেন তৈয়ারী করিবার পরীক্ষানলে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ ভর্তি করিবার পূর্বে অন্য একটি পরীক্ষানলে সামান্য পরিমাণ ঐ মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত করিয়া দেখিতে হইবে যে, আগুন জ্বলিয়া উঠে কিনা বা বিস্ফোরণ হয় কিনা। যখন ঐরূপ কিছু না ঘটে তখন উক্ত মিশ্রণ ব্যবহার করিয়া অক্সিজেন তৈয়ারী করা হয়। (2) পরীক্ষানল-স্থিত মিশ্রণের উপর দিয়া গ্যাস বাহির হইবার পথ রাখা দরকার। (3) ধীরে ধীরে উত্তাপ দিতে হইবে এবং যখন গ্যাস বেশী পরিমাণে আসিতেছে দেখা যাইবে, তখনই বুনসেন দীপ সরাইয়া লইতে হইবে এবং পরে প্রয়োজনমত উত্তাপ দিতে হইবে। (4) পরীক্ষানলটি এমনভাবে একটু সামান্য নিম্নাভিমুখী করিয়া রাখিতে হইবে, যাহাতে নির্গম-নলের মুখ-বন্ধ হইয়া না যায়।

পরীক্ষাগারে অক্সিজেন তৈয়ারী করার সময় সর্বদাই পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া লওয়া হয়, কিন্তু বস্তুতঃ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। যদি কেবলমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা যায় তাহা হইলে অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। তাপ প্রয়োগ করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিয়োজন দুই ধাপে ঘটিয়া থাকে। প্রথমতঃ 370° হইতে 380° সেন্টিগ্রেড উত্তাপে পটাসিয়াম ক্লোরেট গলিয়া যায় এবং সামান্য

অক্সিজেন দিয়াই পটাসিয়াম পারক্লোরেট এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডে দ্রুত রূপান্তরিত হইয়া কঠিন অবস্থায় আসে।

$$\text{(i)}\quad 2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

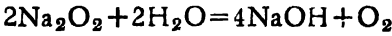
$$\text{(ii)}\quad 4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$$

দ্বিতীয় ধাপে আরও অনেক উচ্চ উষ্ণতায় উত্তাপ প্রয়োগ করিলে 610° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পটাসিয়াম পারক্লোরেট গলিয়া যায় এবং 630° সেন্টিগ্রেডে উহা হইতে আবার অক্সিজেন বাহির হইতে থাকে।

$$\text{(iii)}\quad KClO_4 = KCl + 2O_2$$

অতএব কেবলমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন পাইতে হইলে অনেক বেশী উত্তাপ প্রয়োগ করিতে হয়। কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া লইলে অনেক কম উষ্ণতায় (200°—240° সেন্টিগ্রেডে) উহা হইতে প্রবল বেগে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোনপ্রকার রাসায়নিক পরিবর্তন বা ভরের তারতম্য হয় না। একমাত্র ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এই ক্ষেত্রে উপস্থিত থাকার ফলে পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিয়োজন অতি সহজে সম্পাদিত হয়। সুতরাং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এখানে অনুঘটকের (Catalyst) কাজ করে। পূর্বেই অনুঘটনের সংখ্যা দেওয়া হইয়াছে (পৃঃ ১৫)। শুধু যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের দ্রুত বিয়োজনে সহায়তা করে তাহা নহে, অন্যান্য পদার্থ, যথা, কপার অক্সাইড (CuO), ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) প্রভৃতিও এইভাবে ক্লোরেটের বিয়োজন ত্বরান্বিত করে। এই সকল বিভিন্ন পদার্থ, যাহাদের উপস্থিতিমাত্রই কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়ার গতিবেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করিতে সহায়তা করে এবং রাসায়নিক ক্রিয়াতে যাহাদের ভর বা রাসায়নিক সংযুতির কোন পরিবর্তন হয় না, অনুঘটক নামে অভিহিত হয়।

পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করার পর ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের যে কোন পরিবর্তন হয় না তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে জানা যায়:—

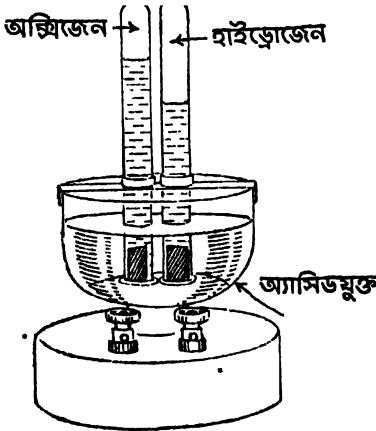
একটি পরীক্ষানলে MnO_2 এবং $KClO_3$ সঠিকভাবে ওজন করিয়া মিশাইয়া লওয়া হইল। পরীক্ষানলটি উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইবে। যতক্ষণ অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইবে ততক্ষণ পর্যন্তই উত্তাপ প্রয়োগ করা হইল। যখন আর কোন গ্যাস বাহির হইতে দেখা যায় না (নির্গম-নল জলে ডুবাইলেই তাহা বুঝা যাইবে) তখন উত্তাপ-প্রয়োগ বন্ধ করিয়া পরীক্ষানলটি ঠাণ্ডা করা হইল। তাহার পর পরীক্ষানলে জল দিয়া ক্রমশঃ সমস্ত কঠিন পদার্থটুকু একটি বীকারে লওয়া হইল। তাহার পর বীকারটি গরম করিয়া জল ফুটাইলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত হইয়া যাইবে, কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া পড়িয়া থাকিবে। পরে ফিলটার কাগজ দিয়া পরিস্রাবণ করিলে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ফিলটার-কাগজে থাকিয়া যাইবে। তাহাকে গরম জল দিয়া ধৌত করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয় এবং ওজন করা হয়। তখন দেখা যায় যে যতটুকু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লওয়া হইয়াছিল তাহাই পড়িয়া আছে এবং উহার রাসায়নিক সংযুতিরও কোন পরিবর্তন হয় নাই। এই অবশিষ্ট MnO_2-র সহিত আবার 4 গুণ $KClO_3$ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পুনরায় অক্সিজেন পাওয়া যায়।

(গ) সোডিয়াম পারঅক্সাইড হইতে সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। একটি শঙ্কু ফ্লাস্কে (conical flask) সোডিয়াম পার-অক্সাইড লওয়া হয় এবং বিন্দুপাতন ফানেল (dropping funnel) হইতে তাহার উপর জল ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলা হয়। শঙ্কু ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া ড্রপিং ফানেল এবং গ্যাস নির্গম-নল বায়ু-নিরোধী (air-tight) ভাবে লাগান হয়। অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়া গ্যাস নির্গম-নল দ্বারা বাহির হয় এবং জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে তাহা সংগ্রহ করা হয়।

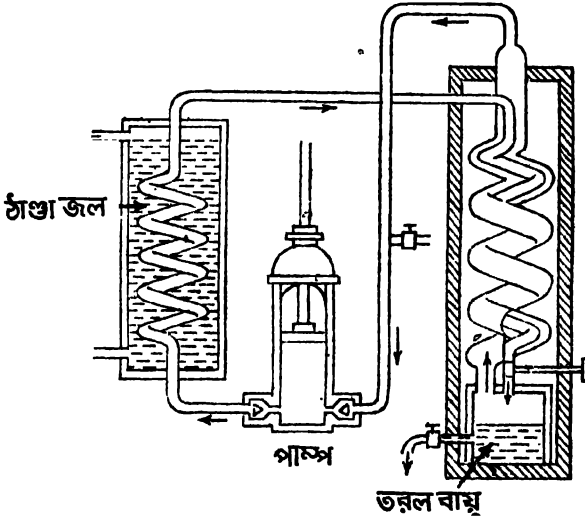
$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

চিত্র নং—13

(2) জল হইতে অক্সিজেন পাইতে হইলে জলে সামান্য পরিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে (anode, যে পথে তড়িৎ জলের ভিতর প্রবেশ করে) অক্সিজেন উদ্ভূত হইবে এবং উক্ত অ্যানোডের উপর জলভর্তি গ্যাসজার রাখিলে তাহার ভিতর সংগৃহীত হইবে।

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

চিত্র নং—14

(3) অক্সিজেনের পণ্য উৎপাদন (Commercial preparation) :—বর্তমানে অক্সিজেন **তরল বায়ু (Liquid air)** হইতে উৎপাদন করা হয়। বায়ুতে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে নাইট্রোজেনের সহিত সাধারণ মিশ্রণ হিসাবে আছে। বায়ু বিনামূল্যে পাওয়া যায়। তাই বায়ু হইতে অক্সিজেন-প্রস্তুতে খরচ কম হয়। প্রথমে বায়ুকে নিম্ন উষ্ণতায় (low

temperature) এবং প্রচণ্ড চাপে তরল অবস্থায় আনা হয়। পরে তরল বায়ু হইতে আংশিক বাষ্পীভবন (Fractional evaporation) প্রক্রিয়া দ্বারা অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পৃথক করা হয়।

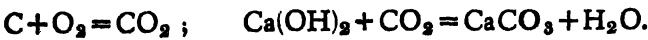
সাধারণ গ্যাসের একটি গুণ আছে যে, উহাতে অধিক চাপ প্রয়োগের পর উহাকে কম চাপের স্থানে পাঠাইয়া উহার আয়তন হঠাৎ বৃদ্ধি হইতে দিলে উহার উষ্ণতা হ্রাস পায় (জুল-টমসন-প্রক্রিয়া)। বায়ু হইতে প্রথমে উহার জলীয় বাষ্প ও

চিত্র নং—15

কার্বন্ ডাই-অক্সাইড দূরীভূত করা হয়। তাহার পর পাম্প সাহায্যে কুণ্ডলীনলে অতি উচ্চ চাপে ইহাকে প্রবেশ করান হয়। এই উচ্চ চাপের বায়ুকে শীতলজল দ্বারা শীতল করা হয়। এই উচ্চচাপের শীতল বায়ু সরু ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া সাধারণ চাপের স্থানে আসে এবং তাহাতে উহা হঠাৎ প্রসারিত হয় এবং আরও শীতল হয়। সেই শীতল বায়ুকে কুণ্ডলী নলে প্রবেশ করাইয়া পুনরায় উচ্চচাপ প্রয়োগ করা হয়, এইভাবে কয়েকবার পর পর উচ্চচাপ প্রয়োগ ও সরু ছিদ্রপথে বাহির করিয়া সম্প্রসারণ দ্বারা একই বায়ুর উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিয়া—190° সেন্টিগ্রেডের নীচে পৌঁছায় এবং তখন বায়ু ক্রমশঃ তরলে রূপান্তরিত হয়। তরল বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। তরল নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক—195·7° সেন্টিগ্রেড এবং তরল

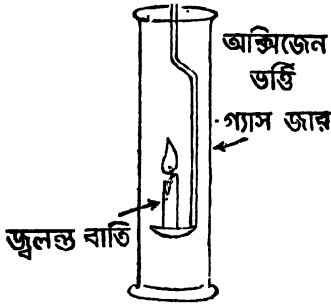
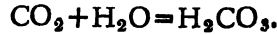
অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক—183° সেন্টিগ্রেড। তখন তরল বায়ুর আংশিক বাষ্পীভবন ঘটাইলে প্রথমে নাইট্রোজেন বেশী উদ্বায়ী বলিয়া গ্যাস হইয়া উড়িয়া যাইবে। তাহার পর যে তরলপদার্থ পড়িয়া থাকিবে তাহা তরল অক্সিজেন এবং তাহার বাষ্পীভবন দ্বারা অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই অক্সিজেনের বিশুদ্ধতা 96% এবং ইহা দ্বারা বিশুদ্ধ অক্সিজেনের সমস্ত কার্যই চলিতে পারে। সাধারণতঃ তরল বায়ুর আংশিক পাতন লিণ্ডের (Linde) **আংশিক পাতন-স্তম্ভ** (Fractionating Column) প্রয়োগ দ্বারা সংঘটিত করা হয়।

অক্সিজেনের ধর্মঃ—অক্সিজেন বর্ণহীন, স্বাদহীন এবং গন্ধহীন গ্যাস। 100 ভাগ জলে 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 4 ভাগ অক্সিজেন দ্রবীভূত হয়। বাতাসের অপেক্ষা ইহা কিছু সামান্য ভারী। তরল অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক—183° সেন্টিগ্রেড। অক্সিজেনই একমাত্র গ্যাস যাহা প্রাণী ও উদ্ভিদের শ্বাসকার্যে সহায়তা করে। জলচর প্রাণীদের শ্বাসকার্য জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের সাহায্যে সম্পাদিত হয়। এই কারণে প্রকৃতির রাজ্যে অক্সিজেনের জলে সামান্য দ্রাব্যতারও প্রয়োজন আছে।

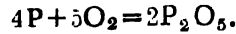
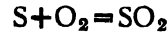
অক্সিজেন নিজে **অদাহ্য** (non-combustible), কিন্তু ইহা **দহনের বিশেষ সহায়ক** (Supporter of combustion)। **পরীক্ষা (1)**ঃ—একটি মৃদু আভা-যুক্ত (glowing) কাঠকয়লার টুকরা গ্যাসজারে সংগৃহীত অক্সিজেনে প্রবেশ করাইলে তাহা জ্বলিয়া উঠে, কিন্তু গ্যাসে আগুন ধরে না। **পরীক্ষা (2)**ঃ—একটি উজ্জ্বলন-চামচে (deflagrating spoon) একটি মোমবাতি জ্বালাইয়া বসাইয়া দেওয়া হইল এবং ঐ জ্বলন্ত মোমবাতি একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে নামাইয়া দেওয়া হইল। মোমবাতি আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে দেখা গেল। বাতিটি বাহির করিয়া লইয়া উক্ত গ্যাসজারে একটু পরিষ্কার চুনের জল ঢালিয়া নাড়িলে জল ঘোলা হইয়া উঠে। কাঠকয়লার টুকরা যে গ্যাসজারে প্রবেশ করান হইয়াছিল তাহাতেও পরিষ্কার চুনের জল দিলে অনুরূপ ফল পাওয়া যায়। দুইটি ক্ষেত্রেই কার্বন্ ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং চুনের জলের সহিত অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে এবং জল ঘোলা হয়।

$$C+O_2=CO_2\ ; \qquad Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O.$$

চুনের জল না দিয়া একটিতে যদি শুধু জল দিয়া নাড়া যায় তবে কার্বনিক অ্যাসিড

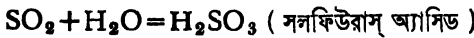
উৎপন্ন হয়। তখন একটু নীল লিটমাস (Litmus) দিলে তাহা ফিকে লাল হয়।

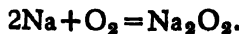
$$CO_2+H_2O=H_2CO_3.$$

চিত্র নং—16

পরীক্ষা (3) :—পূর্বের মত উজ্জ্বলন-চামচে সলফার বা ফস্‌-ফোরাস উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হইলে, তাহারাও উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। সলফারের বেলায় সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ফস্‌ফোরাসের বেলায় ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উদ্ভূত হয়। $S+O_2=SO_2$

$$4P+5O_2=2P_2O_5.$$

এই সকল অক্সাইড অম্লজাতীয় এবং ইহারা জলের সহিত মিলিয়া বিভিন্ন অ্যাসিডের স্বষ্টি করে। উহাদের সহিত নীল লিটমাসের দ্রবণ মিশাইলে উহা লাল হইয়া যাইবে।

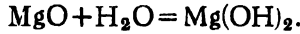
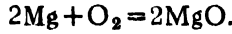
$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সলফিউরাস্‌ অ্যাসিড)

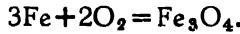
$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (ফস্‌ফোরিক্‌ অ্যাসিড)

পরীক্ষা (4) :—একটি উজ্জ্বলন-চামচেতে এক টুকরা সোডিয়াম লইয়া বুনসেন দীপে ধরা হইল। ইহাতে সোডিয়াম্‌ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। তাহার পর উহাকে একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হইল। সোডিয়ামে আগুন ধরিয়া যাইবে এবং উহা হলুদ রং-এর আলোক বিকীর্ণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে। দহন শেষ হইয়া গেলে উজ্জ্বলন-চামচ জল দিয়া ধুইয়া গ্যাসজারে ঢালা হইল এবং এই দ্রবণে লাল লিটমাস্‌ যোগ করা হইল। লাল লিটমাস্‌ নীল হইয়া গেল। সোডিয়াম পুড়িয়া ক্ষারীয় দ্রব্য উৎপন্ন করে।

$$2Na+O_2=Na_2O_2.$$

তাহাতে জল দিলে কষ্টিক সোডা উৎপন্ন হয়। ইহা দ্রাব্য ক্ষার।

$$2Na_2O_2+2H_2O.=4NaOH+O_2$$

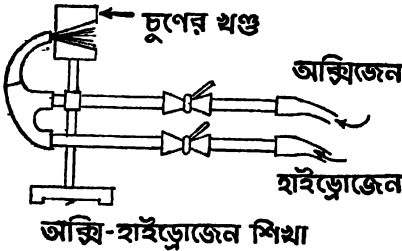
পরীক্ষা (5). একটি জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করান হইল। তারটি প্রবলভাবে পুড়িতে থাকিবে এবং প্রখর সাদা আলোক-রশ্মি দেখা যাইবে। ম্যাগনেসিয়াম পুড়িয়া ম্যাগনেসিয়ামের ভস্মে পরিণত হয়। ঐ ভস্মে জল দিয়া পরে লাল লিটমাস্ ঢালিলে তাহা নীল হইয়া যাইবে। ম্যাগনেসিয়াম পোড়ার ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহার ক্ষারীয় ধর্ম আছে। জলের সহিত ইহা সামান্য দ্রাব্য, ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO.$$
$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2.$$

পরীক্ষা (6). লোহার তার গলিত (molten) এবং তরলীকৃত গন্ধকে ডুবাইলে তাহার উপর গন্ধকের আস্তরণ পড়ে। সেই গন্ধকের আস্তরণে আগুন ধরাইয়া অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে লোহা জ্বলিতে থাকিবে এবং ফুলঝুরির আকারে গ্যাসজারের ভিতর চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে। এই পরীক্ষা করিতে হইলে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারের তলায় কিছুটা বালি রাখিতে হয়। তাহা না হইলে গ্যাসজার ভাঙ্গিয়া যাইবার ভয় আছে। এইভাবে লোহা তাহার অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4.$$

পরীক্ষা (7). অক্সিজেনপূর্ণ একটি গ্যাসজারের ভিতর পাইরোগ্যালল দিয়া পরে কষ্টিক পটাসের দ্রবণ যোগ করিয়া গ্যাসজারের মুখে ঢাকনি দিয়া গ্যাসজারটি ঝাঁকান হইল। ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের দ্রবণ গাঢ় বাদামী রংএ পরিবর্তিত হইল। তাহার পর ঢাকনাসহ গ্যাসজারটি একটি গভীর ডিসে জলের উপর উপুড় করিয়া দিয়া ঢাকনা খুলিয়া লওয়া হইল। দেখা গেল যে, জল ধীরে ধীরে গ্যাস-জারে উঠিয়া গ্যাসজারটিকে ভর্তি করিয়া ফেলিল।

ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট অক্সিজেন শোষণ করে। তবে এই শোষণ-ক্রিয়া রাসায়নিক ক্রিয়ার ফল, কেবলমাত্র দ্রবণ নয়।

অক্সিজেনের ব্যবহার:—অক্সি-হাইড্রোজেন বা অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উৎপাদনে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। দুইটি বিভিন্ন নল দিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস আনয়ন করিয়া একটি সরু নলে তাহাদের একত্র মিশ্রিত হইতে দিয়া ঐ সরু নলের মুখে জ্বালাইয়া দিলে একটি প্রায় বর্ণহীন ও অতি উত্তপ্ত শিখার সৃষ্টি হয়।

ইহার উষ্ণতা 2800° সেন্টিগ্রেড। হাইড্রোজেনের স্থলে অ্যাসিটিলিন ব্যবহার করিলে ঐরূপে শিখা পাওয়া যায় এবং তাহার উষ্ণতা প্রায় 3200° সেন্টিগ্রেড অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা প্লাটিনাম ধাতু গলাইতে এবং কোয়ার্জ (quartz) (যাহ বালুকার প্রকার-ভেদ মাত্র) গলাইতে ব্যবহৃত হয়। ইস্পাত গলাইতে, মোটর গাড়ীর বিভিন্ন অংশ জুড়িতে এবং দুই ধাতুতে ঝাল দিতে অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা ব্যবহৃত হয়। আবার অক্সি-হাইড্রোজেন শিখায় যদি একখণ্ড চুন রাখা যায় তবে অতি উজ্জ্বল আলোর সৃষ্টি হয় তাহাকে চুনের আলো (Lime-light) বলে। ইহা শিখা নয় চুনের আলো বায়স্কোপে, ম্যাজিক ল্যাণ্টার্ণে এবং সন্ধানী-আলোকে (Searchlight) ব্যবহৃত হয়।

অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা

চিত্র নং—17

অক্সিজেন কৃত্রিম শ্বাসগ্রহণের জন্য (artificial respiration) ব্যবহৃত হয়। নিউমোনিয়া দ্বারা আক্রমণের ফলে বা বিষাক্ত গ্যাস শ্বাসের সহিত গ্রহণ করার ফলে শ্বাস-কষ্ট উপস্থিত হইলে অক্সিজেন প্রয়োগ করা হয় এবং বায়ুর বদলে বিশুদ্ধ অক্সিজেন শ্বাস লওয়ার ফলে শ্বাস-কষ্ট দূরীভূত হয়।

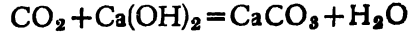
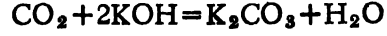
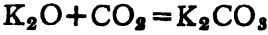
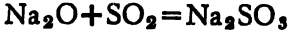
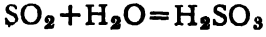
উচ্চে বিমান চালনার জন্য এবং ডুবো জাহাজে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় সলফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদনে প্রচুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

"অক্সাইড" (Oxide)

অক্সিজেনের সহিত অন্য কোন একটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগ হইলে যে যৌগিক পদার্থের উৎপত্তি হয়, তাহাকেই **অক্সাইড** বলে। অতএব অক্সাইডকে অক্সিজেনের দ্বিযৌগ বলা যাইতে পারে। অক্সাইড কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হইতে পারে। সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয়, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড কঠিন এবং জল (হাইড্রোজেন অক্সাইড) তরল পদার্থ। অক্সাইডসমূহকে প্রধানতঃ দুইভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা :—

(1) **আম্লিক অক্সাইড বা নিরুদক** (Acidic Oxide or Anhydride) :—ইহারা সাধারণতঃ অধাতব অক্সাইড। ইহারা জলের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া

দ্বারা অম্ল উৎপাদন করে। তখন ইহারা নীল লিটমাসকে লাল করে। আম্লিক অক্সাইডের ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত সহজেই রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে এবং তাহার ফলে লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন, সলফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন্ ডাই-অক্সাইড—ইহারা আম্লিক অক্সাইড। ক্ষারীয় হাইড্রক্সাইডের সহিত আম্লিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় লবণ এবং জল দুই-ই উৎপন্ন হয়।

$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ | $CO_2+H_2O=H_2CO_3$
$Na_2O+SO_2=Na_2SO_3$ | $CO_2+2KOH=K_2CO_3+H_2O$
$K_2O+CO_2=K_2CO_3$ | $CO_2+Ca(OH)_2=CaCO_3+H_2O$

(2) **ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic Oxide):—ইহারা সাধারণতঃ ধাতব অক্সাইড। ইহারা অ্যাসিডের সহিত সহজে ক্রিয়াশীল হয় এবং ঐ ক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। কতকগুলি ক্ষারকীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং তখন ইহারা লাল লিটমাসকে নীল করে। সোডিয়াম অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, কপার অক্সাইড, আয়রন অক্সাইড—ইহারা ক্ষারকীয় অক্সাইড। তাহার ভিতর সোডিয়াম অক্সাইড, পটাসিয়াম অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড জলের সহিত হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

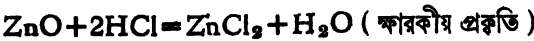
$Na_2O+H_2O=2NaOH$; $Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$.

$MgO+H_2O=Mg(OH)_2$; $MgO+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O$.

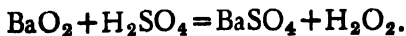
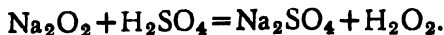
ইহা ছাড়াও অক্সাইড **প্রশম** (neutral) অবস্থাতেও কিছু পাওয়া যায়। ইহারা লিটমাসের বর্ণ-পরিবর্তন ঘটায় না। যেমন, কার্বন্ মনোক্সাইড (CO), জল (H_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO).

কতকগুলি অক্সাইড আবার আম্লিক ও ক্ষারকীয় উভ-ধর্মী হয়। তাহাদিগকে **উভপ্রকৃতি** অক্সাইড (Amphoteric Oxide) বলে। ইহারা অ্যাসিড ও ক্ষারীয় উভয়বিধ অক্সাইডের সহিতই লবণ উৎপন্ন করে। যথা, জিঙ্ক অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, টিন অক্সাইড, প্রভৃতি।

$ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$ (ক্ষারকীয় প্রকৃতি)

$ZnO+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$ (আম্লিক প্রকৃতি)

ইহা ছাড়াও কতকগুলি ধাতুর অক্সাইডে তাহাদের সাধারণ অক্সাইড অপেক্ষা অক্সিজেনের ভাগ বেশী থাকে। তাহাদিগকে **উচ্চ** পার-অক্সাইড (Peroxide)

বলা হয়। ইহারা শীতলীকৃত পাতলা অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। যেমন, সোডিয়াম পার-অক্সাইড, বেরিয়াম পার-অক্সাইড।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2.$$
$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2.$$

Questions

1. Describe the laboratory method for the preparation of oxygen. What is a catalytic agent? Is manganese dioxide a universal catalyst? Give two or three examples of catalytic action and catalyst.

১। অক্সিজেন প্রস্তুতের পরীক্ষাগার-প্রণালী বর্ণনা কর। অনুঘটক কাহাকে বলে? ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড কি সর্বপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অনুঘটকের কার্য করে? অন্য দুই বা তিনটি অনুঘটন ক্রিয়া এবং অনুঘটকের উদাহরণ দাও।

2. Describe experiments illustrating the properties of oxygen. To what uses oxygen is put?

২। অক্সিজেন গ্যাসের ধর্ম সম্বন্ধে কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। অক্সিজেন গ্যাস আমাদের কোন কোন কার্যে ব্যবহৃত হয়?

3. What are oxides? Classify oxides, with examples.

৩। অক্সাইড কাহাকে বলে? তাহারা কয় প্রকারের হইয়া থাকে? উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও।

4. What happens when the following oxides are added to water—Sulphur dioxide, Phosphorus pentoxide, Sodium peroxide, Magnesium oxide and Iron oxide? What happens when litmus solution is added to each of the products?

৪। নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি এক একটি করিয়া লইয়া জলে দিলে কি প্রকার বিক্রিয়া হয়? জল দেওয়ার পর লিটমাসের দ্রবণ যোগ করিলে কোন্ ক্ষেত্রে কিরূপ রং হইবে? সলফার ডাই-অক্সাইড, ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড, সোডিয়াম পার-অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, আয়রণ অক্সাইড।

5. When mercuric oxide is strongly heated in a hard glass tube a gas is evolved; what is the name of the gas? Describe the laboratory method of preparation of the gas from potassium chlorate and explain why it is mixed with manganese dioxide. Describe *four* experiments to demonstrate that the gas supports combustion and acts as an oxidising agent in each case. Give equations.

৫। মার্কিউরিক অক্সাইডকে একটি শক্ত কাচ নলে লইয়া উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়, উক্ত গ্যাসের নাম কি? উক্ত গ্যাসের পরীক্ষাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং কেন ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত পটাসিয়াম ক্লোরেটকে মিশ্রিত করিতে হয় তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। গ্যাসটি যে দহনের সহায়ক তাহা চারিটি পরীক্ষার বর্ণনা দ্বারা বুঝাইয়া দাও এবং দেখাও যে প্রত্যেক ক্ষেত্রে গ্যাসটি জারকরূপে ক্রিয়া করে। সমীকরণ দাও।

ষষ্ঠ (ক) অধ্যায়

অ্যাসিড বা অম্ল, ক্ষারক ও লবণ

(Acid, Base and Salt)

অ্যাসিড (Acid)

অ্যাসিড বা অম্ল ঃ—যে সমস্ত যৌগিক পদার্থে সম্পূর্ণরূপে বা আংশিক, সাক্ষাৎ-ভাবে অথবা পরোক্ষভাবে, ধাতু বা ধাতুর মত ব্যবহারকারী যৌগমূলক (radical) দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন (replaceable hydrogen) থাকে তাহাদিগকে অ্যাসিড বলা হয়। অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়ার ফলে লবণ উৎপন্ন হয়।

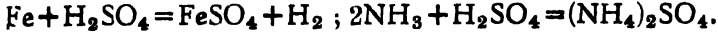
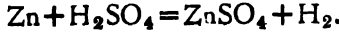
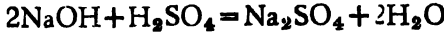
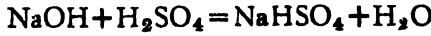
অ্যাসিড যখন জলে দ্রবণীয় হয় তখন উহা **নীল** লিটমাসকে **লাল** রং-এ পরিবর্তিত করে, উহার স্বাদ আম্লিক বা টক হয় এবং উহা তীব্রভাবে ক্ষারের (alkalis) সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

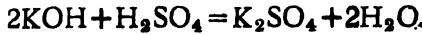
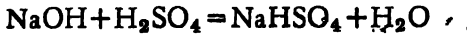
উদাহরণস্বরূপ, সলফিউরিক অ্যাসিডকে যে অ্যাসিড বলা হয় তাহার কারণ—

(১) ইহার একটি অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

(২) ইহার অণুতে অবস্থিত এই দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি (আংশিক) অথবা দুইটিই পূর্ণভাবে সোডিয়ামের মত যে-কোন ধাতু অথবা অ্যামোনিয়ামের মত ইলেকট্রোপজিটিভ (electropositive) বা ধনাত্মক বিদ্যুৎ পরিবাহী যৌগমূলক দ্বারা

প্রতিস্থাপিত করা যাইতে পারে। প্রথম ক্ষেত্রে—$NaHSO_4$, $(NH_4)HSO_4$ প্রভৃতি এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে Na_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$ প্রভৃতি লবণ উৎপন্ন হয়।

$$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O$$
$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$
$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2.$$
$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2\ ;\ 2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4.$$

(৩) ইহা জলে **দ্রবণীয়**; ইহার জলের দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহার স্বাদ টক্ এবং ইহা ক্ষারগুলির সহিত তীব্রভাবে ক্রিয়া করে।

$$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O$$
$$2KOH+H_2SO_4=K_2SO_4+2H_2O.$$

অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ :—অ্যাসিডগুলিকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয় :—

(১) **হাইড্রো-অ্যাসিড** (Hydro-acid)—যে সকল অ্যাসিড অক্সিজেন ভিন্ন হাইড্রোজেন এবং অন্যান্য মৌলের সংযোগে উৎপন্ন হয়, তাহাদের হাইড্রো-অ্যাসিড বলা হয়। এই সকল অ্যাসিডের নামের প্রথমে **হাইড্রো**—(Hydro) এবং শেষে **-ইক** (ic) শব্দ যোগ করা হয়। যথা—

HCl—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HBr—হাইড্রোব্রোমিক এ্যাসিড
HCN—হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, H_2S—হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

(২) **অক্সি-অ্যাসিড** (Oxy-acid)—যে সকল অ্যাসিড হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং অন্য একটি মৌলের সংযোগে উৎপন্ন হয় তাহাদের অক্সি-অ্যাসিড বলে। উদাহরণ হইল—

H_2SO_4—সলফিউরিক অ্যাসিড, HNO_3—নাইট্রিক অ্যাসিড, H_3PO_4—ফসফোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

যে সমস্ত একই মৌলঘটিত অক্সি-অ্যাসিডে অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকে তাহাদের "আস্" (ous) অ্যাসিড এবং যেগুলিতে অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী থাকে তাহাদের "ইক্" (ic) অ্যাসিড বলা হয়। যেমন, H_2SO_3 সলফিউরাস অ্যাসিড ; H_2SO_4 সলফিউরিক অ্যাসিড। আবার অ্যাসিডসমূহকে **জৈব অ্যাসিড** (Organic acid) এবং **খনিজ (অথবা অজৈব) অ্যাসিড** (Mineral acid) এই দুই ভাগে বিভক্ত করা হয়। অঙ্গার হইতে উৎপন্ন এবং প্রকৃতিতে উদ্ভিদ্ বা প্রাণী হইতে প্রাপ্ত

অ্যাসিডকে জৈব-অ্যাসিড বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে, ফরমিক অ্যাসিড (পিঁপড়ে হইতে পাতনক্রিয়া দ্বারা পাওয়া যায়), সাইট্রিক অ্যাসিড (লেবু হইতে পাওয়া যায়), ল্যাকটিক অ্যাসিড (দই-এ পাওয়া যায়), টার্টারিক অ্যাসিড (তেঁতুলে পাওয়া যায়)।

খনিজ পদার্থ হইতে উৎপন্ন অথবা অজৈব উৎস হইতে জাত অ্যাসিডকে খনিজ অ্যাসিড বা অজৈব অ্যাসিড (Mineral or Inorganic acid) বলা হয়। এই প্রকার অ্যাসিডে কার্বন থাকে না। উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা যায়, নাইট্রিক অ্যাসিড (নাইট্রোজেন হইতে প্রস্তুত), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (ক্লোরিণ হইতে উৎপন্ন), সলফিউরিক অ্যাসিড (সলফার হইতে উৎপন্ন)।

প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যার উপর নির্ভর করিয়া সকল প্রকারের অ্যাসিডেরই আর এক প্রকার বিভাগ করা হইয়া থাকে। যে-কোন অ্যাসিডের এক অণুর মধ্যে যতসংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বিদ্যমান থাকে, উক্ত সংখ্যাকে সেই অ্যাসিডের **ক্ষার-গ্রাহিতা** (Basicity of the acid) বলে। যে সকল অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা—1, তাহাদিগকে **একক্ষারীয়** অ্যাসিড (monobasic acid) বলে; সেইরূপ যে সমস্ত অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা—2, তাহাদের **দ্বিক্ষারীয়** অ্যাসিড (dibasic acid) বলে; এইভাবে **ত্রিক্ষারীয়** Tribasic), **চতুঃক্ষারীয়** (tetrabasic) অ্যাসিডও দেখিতে পাওয়া যায়।

উদাহরণ :—অজৈব-অ্যাসিডের ভিতর হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিড (HCl), হাইড্রোব্রোমিক-অ্যাসিক (HBr), নাইট্রিক-অ্যাসিড (HNO_3) ইত্যাদি একক্ষারীয় অ্যাসিড; জৈব-অ্যাসিডের ভিতর ফরমিক-অ্যাসিড ($HCOOH$), অ্যাসিটিক-অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি একক্ষারীয়-অ্যাসিড।

বিশেষ দ্রষ্টব্য :—**যদিও অ্যাসিটিক-অ্যাসিডের একটি অণুতে 4টি হাইড্রোজেন-পরমাণু আছে তাহা হইলেও উহাদের ভিতর একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। তাই অ্যাসিটিক-অ্যাসিড একক্ষারীয় অ্যাসিড। সেইজন্য অজৈব অ্যাসিড হাইপোফসফোরাস অ্যাসিডের (H_3PO_2) অণুতে যদিও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, তাহা হইলেও ইহা পূর্বোক্ত কারণে একক্ষারকীয়।**

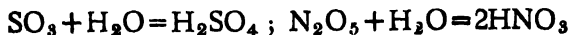
অজৈব-অ্যাসিডের ভিতর সলফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), সলফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3), কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) প্রভৃতি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। জৈব-অ্যাসিডের মধ্যে দ্বিক্ষারীয়-অ্যাসিড হইল অক্সালিক অ্যাসিড ($COOH, COOH.2H_2O$)।

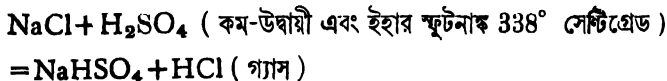
ত্রিক্ষারীয়-অ্যাসিডের উদাহরণ অজৈব অ্যাসিড হইল ফসফোরিক-অ্যাসিড (H_3PO_4), বোরিক-অ্যাসিড (H_3BO_3) ; আর জৈব অ্যাসিড হইল সাইট্রিক-অ্যাসিড (CH_2COOH, $C(OH)COOH$, CH_2COOH, H_2O)। চতুঃক্ষারীয় অ্যাসিডের উদাহরণ হইল পাইরো-ফসফোরিক-অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$)

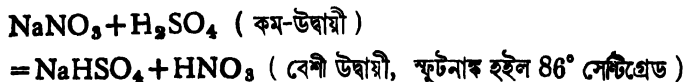
অ্যাসিড প্রস্তুতের সাধারণ প্রণালীসমূহ (General methods of preparation of acids) :—

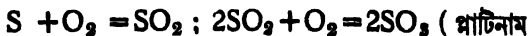
(1) অধাতব অক্সাইড, যাহা সাধারণতঃ অ্যাসিডধর্মী, তাহাদের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যাসিড পাওয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ সলফার ট্রাই-অক্সাইডের উপর জল যোগ করিলে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডের সহিত জল যোগ করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ফসফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডে জল দিলে ফসফোরিক-অ্যাসিড পাওয়া যায়।

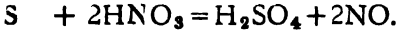
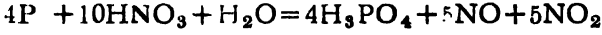
$$SO_3+H_2O=H_2SO_4\ ;\ N_2O_5+H_2O=2HNO_3$$

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4.$$

(2) একটি উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণের উপর অন্য একটি কম-উদ্বায়ী অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা উদ্বায়ী অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইডের উপর সলফিউরিক-অ্যাসিড যোগ করিয়া হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$NaCl+H_2SO_4$ (কম-উদ্বায়ী এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 338° সেন্টিগ্রেড)
$=NaHSO_4+HCl$ (গ্যাস)

সোডিয়াম নাইট্রেটে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া সামান্য উত্তাপ প্রয়োগে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$NaNO_3+H_2SO_4$ (কম-উদ্বায়ী)
$=NaHSO_4+HNO_3$ (বেশী উদ্বায়ী, স্ফুটনাঙ্ক হইল 86° সেন্টিগ্রেড)

(3) অ্যাসিডে বর্তমান মৌলগুলির সাক্ষাৎ রাসায়নিক সংযোগ দ্বারা অথবা সংশ্লেষণ ঘটাইয়াও অ্যাসিড তৈয়ারী করা যায়।

উদাহরণ হইল : $H_2+Cl_2=2HCl$ (রৌদ্রের প্রভাবে বিস্ফোরণ সহকারে)
$S+O_2=SO_2$; $2SO_2+O_2=2SO_3$ (প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে)
$2H_2+O_2=2H_2O$; $2SO_3+2H_2O=2H_2SO_4$.

(4) বিশেষ প্রণালী প্রয়োগেও সময় সময় অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। যেমন, কতকগুলি মৌলকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া মৌলগুলির অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদিত করা হয়। লাল ফসফোরাস হইতে এইভাবে ফসফোরিক অ্যাসিড, আয়োডিন হইতে আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_3), সলফার হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) প্রস্তুত করা যায়।

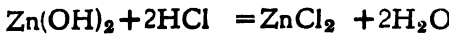
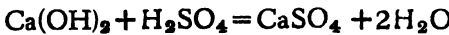
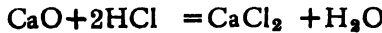
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$
$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$
$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO.$$

দ্রষ্টব্য :—থায়ো-অ্যাসিড এবং থায়ো-লবণ :—অক্সিজেন-ঘটিত অ্যাসিডের অণুতে যখন অক্সিজেন আংশিকভাবে অথবা সম্পূর্ণরূপে সলফার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তখন যে অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহাকে থায়ো-অ্যাসিড বলে এবং উক্ত প্রকার অ্যাসিডের লবণকে থায়ো-লবণ বলে। যেমন,

$HCNO$ (সায়ানিক অ্যাসিড) ;	$HCNS$ (থায়োসায়ানিক অ্যাসিড)
অক্সি-অ্যাসিড	সলফার ঘটিত অ্যাসিড
H_3AsO_4 (আর্সেনিক অ্যাসিড) ;	H_3AsS_4 (থায়ো-আর্সেনিক অ্যাসিড)
অক্সি অ্যাসিড	সলফার-ঘটিত অ্যাসিড
$(NH_4)_3AsO_4$	$(NH_4)_3AsS_4$
অ্যামোনিয়াম আর্সেনেট	অ্যামোনিয়াম থায়ো-অ্যার্সেনেট

ক্ষারক (Base)

ধাতব মৌলের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলিকে সাধারণভাবে ক্ষারক বলা হয়। ক্ষারকের প্রধান ধর্ম হইল অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়াতে ইহা অ্যাসিডকে প্রশমিত (neutralise) করে এবং বিক্রিয়ার ফলে কেবল লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

যে ক্ষারক জলে দ্রাব্য তাহা লাল লিটমাসকে নীল করে।

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$
$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$
$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

বিশেষ দ্রষ্টব্য :—ক্ষারকের সংজ্ঞানুযায়ী অ্যামোনিয়া অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে বটে, কিন্তু জল উৎপন্ন করে না ; তাহা হইলেও অ্যামোনিয়াকে ক্ষারক বলা হয় :

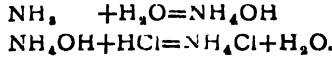
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

ধাতব অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া দ্বারা ধাতব **হাইড্রক্সাইড** উৎপন্ন হয়। ইহাতে ধাতুর বা ধাতুকল্প যৌগমূলকের পরমাণুর সহিত এক বা একাধিক হাইড্রক্সিল (OH) যুক্ত থাকে।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH$$

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড হইল $Zn(OH)_2$, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$।

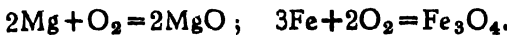
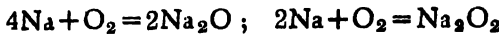
দ্রষ্টব্য :—অ্যামোনিয়ার সহিতও জলের বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে এবং তাহার ফলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়; ইহাও প্রকৃত ক্ষারকের সংজ্ঞা অনুসরণ করে।

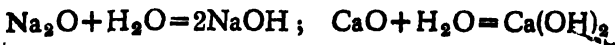
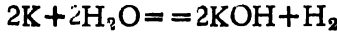
$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$
$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O.$$

অ্যালকালি বা ক্ষার (Alkali)

ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট ধাতুর হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় হইলে তাহাকে অ্যালকালি বা ক্ষার বলে। সমস্ত ক্ষারই ক্ষারক, কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে। যেমন, NaOH, KOH হইল ক্ষার; কিন্তু $Al(OH)_3$ বা $Fe(OH)_3$ ক্ষার নহে, যদিও ইহারা ক্ষারক।

ক্ষারের ধর্ম :—(1) ক্ষার জলে দ্রবণীয়। (2) ইহাদের জলের দ্রবণ স্পর্শ করিলে সাবানের মত পিচ্ছিল বলিয়া মনে হয়। (3) ইহাদের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসের রং বদলাইয়া নীল করে, ফিনল্প্থ্যালিনের (Phenolphthalein) বর্ণহীন দ্রবণকে গোলাপী রং দেয় এবং মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange)-এর কমলা রং-এর দ্রবণকে হলুদবর্ণ করে।

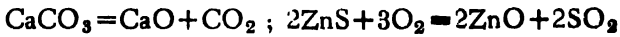
ক্ষারক এবং ক্ষার প্রস্তুত-প্রণালী :—(1) ধাতব মৌলকে অক্সিজেনের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে যে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তাহাই ক্ষারক। যথা, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ প্রভৃতি ধাতু অক্সিজেনে পোড়াইলে তাহাদের যে অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাই ক্ষারক।

$$4Na+O_2=2Na_2O\ ;\quad 2Na+O_2=Na_2O_2$$
$$2Mg+O_2=2MgO\ ;\quad 3Fe+2O_2=Fe_3O_4.$$

ধাতুবিশেষের (যেমন সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি) অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষার উৎপন্ন করে। যথা,

$$Na_2O+H_2O=2NaOH\ ;\quad CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

আবার উক্ত ধাতুগুলির সাক্ষাৎভাবে জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলেও ক্ষার উৎপন্ন হয়। $2K+2H_2O==2KOH+H_2$

(2) ধাতুর হাইড্রক্সাইড, নাইট্রেট, কার্বনেট, সলফাইড ইত্যাদিকে বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া ক্ষারক প্রস্তুত করা যায়।

যথা, $2Fe(OH)_3=Fe_2O_3+3H_2O$

$2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2$

$CaCO_3=CaO+CO_2$; $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$

(3) ক্ষারক প্রস্তুত করিতে অনেক সময় ধাতব লবণের উপর ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটান হয়। যথা, $CuSO_4+2NaOH=Cu(OH)_2+Na_2SO_4$.

ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা ঃ—ক্ষারের এবং ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা বা অ্যাসিড-গ্রাহিতা (Acidity of an alkali or a base) বলিতে উহার অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকে বুঝায়। ক্ষারের বা ক্ষারকের একটি অণুতে যতগুলি প্রতিস্থাপনীয় (replaceable) হাইড্রক্সিল ($-OH$) যৌগাংশ থাকে, তাহার দ্বারা উহার অ্যাসিড গ্রাহিতার পরিমাপ করা হয়। যেমন, NaOH, KOH ইত্যাদি ক্ষার এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের একটি অণুর সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে। তাই ইহারা **একাম্লগ্রাহী ক্ষার** (monacid alkali)। আবার $Ca(OH)_2$ একক্ষারীয় অ্যাসিডের দুইটি অণুর সহিত বিক্রিয়া করে, তাই ইহা **দ্বি-অম্লগ্রাহী ক্ষার** (diacid alkali)। সেইরূপ $Zn(OH)_2$, $Cd(OH)_2$ দ্বি-অম্লগ্রাহী ক্ষারক (diacid base)। $Al(OH)_3$ ত্রি-অম্লগ্রাহী ক্ষারক (triacid base)।

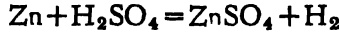
সমস্ত ক্ষারকের অণুতে হাইড্রক্সিল যৌগাংশ থাকে না (যেমন ZnO, Fe_2O_3, Al_2O_3 প্রভৃতি) তাহাদের অম্লগ্রাহিতার-পরিমাপ প্রশমনক্রিয়া দ্বারা স্থির করা হয়। একটি ক্ষারকের অণু যতগুলি এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুদ্বারা পূর্ণভাবে প্রশমিত হয় উক্ত অণু-সংখ্যাদ্বারা তাহার অম্লগ্রাহিতা প্রকাশ করা হয়। উদাহরণ : জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO)কে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করা হয় এবং তখন দেখা যায় এক অণু ZnOকে পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে HCl-এর 2টি অণু প্রয়োজন হয়। অতএব HCl এক-ক্ষারীয় অম্ল বিধায় ZnO-এর অম্লগ্রাহিতা হইল দুই। সেইরূপে প্রমাণিত করা যায় যে, ফেরিক অক্সাইডের এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের অম্লগ্রাহিতা তিন।

লবণ (Salt)

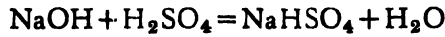
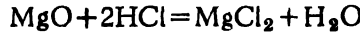
লবণ :—অ্যাসিডের একটি অণুতে যে এক বা একের অধিক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, তাহা ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক (যেমন NH_4) দ্বারা আংশিক অথবা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাকে লবণ বলে। যেমন,

HCl-এর হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত করার ফলে প্রাপ্ত $NaCl$ একটি লবণ। H_2SO_4-এর দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আংশিকভাবে একটি পরমাণু সোডিয়াম বা অ্যামোনিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন দ্বারা প্রাপ্ত $NaHSO_4$ অথবা NH_4HSO_4 লবণ এবং সম্পূর্ণভাবে দুইটি পরমাণু সোডিয়াম বা অ্যামোনিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন করিয়া প্রাপ্ত Na_2SO_4 বা $(NH_4)_2SO_4$ লবণ।

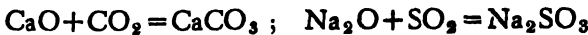
লবণের প্রস্তুত-প্রণালী :—(1) অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনকে ধাতু দ্বারা সাক্ষাৎভাবে প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ প্রস্তুত করা যায়। যথা,

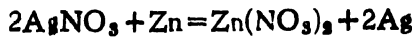
$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

(2) ক্ষারক এবং অ্যাসিডের ভিতর বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরোক্ষভাবে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ পাওয়া যায়। যথা,

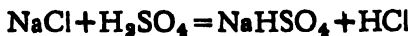
$$MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$$

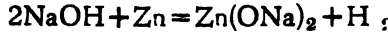
$$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O$$

(3) ধাতু এবং অধাতুর প্রত্যক্ষ রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়াও লবণ পাওয়া যায়। যথা, $2Na+Cl_2=2NaCl$; $Fe+S=FeS$.

(4) অ্যাসিডধর্মী এবং ক্ষারধর্মী অক্সাইডের ভিতর সংশ্লেষণ-বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ উৎপন্ন করা যায়। যথা,

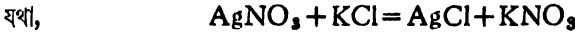
$$CaO+CO_2=CaCO_3\ ;\quad Na_2O+SO_2=Na_2SO_3$$

(5) একটি ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত অন্য একটি ধাতুর বিক্রিয়ার দ্বারা পরবর্তী ধাতুর লবণ পাওয়া যায়। যথা, $CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$

$$2AgNO_3+Zn=Zn(NO_3)_2+2Ag$$

(6) বেশী উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণের উপর কম উদ্বায়ী অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা কম উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ উৎপাদিত হইতে পারে। যথা,

$$NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$$

(7) ধাতু এবং ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ পাওয়া যায়। যথা,

$$2NaOH + Zn = Zn(ONa)_2 + H_2$$

(8) সময় সময় দুইটি ক্ষারকের (তাহার মধ্যে একটি ক্ষার) বিক্রিয়া দ্বারাও লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন, $2KOH + Zn(OH)_2 = K_2ZnO_2 + 2H_2O$

(9) জলে অদ্রাব্য লবণ তৈয়ারী করিতে হইলে দুইটি দ্রবণীয় লবণের জলের দ্রবণ মিশাইলে তাহাদের বিক্রিয়ার ফলে অদ্রাব্য লবণ অধঃক্ষেপরূপে পাওয়া যায়। যথা,

$$AgNO_3 + KCl = AgCl + KNO_3$$

(দ্রবণ) (দ্রবণ) (অধঃক্ষেপ) (দ্রবণ)

লবণের নামকরণঃ—লবণের নামকরণের একটি সাধারণ নিয়ম এই যে, অ্যাসিডের নামানুসারে লবণের নাম দেওয়া হয়। হাইড্র্যাসিড হইতে যে সমস্ত লবণ পাওয়া যায় সেই সমস্ত লবণের নামের প্রথমে হাইড্রো (Hydro) কথাটি লোপ করিয়া লবণের নামের শেষে "আইড" (-ide) যোগ করা হয়। যেমন,

হাইড্র্যাসিড	**লবণ**
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl	বেরিয়াম ক্লোরাইড, $BaCl_2$
হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, HCN	জিঙ্ক সায়ানাইড, $Zn(CN)_2$
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড, HBr	অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড, NH_4Br

আবার অক্সি-অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অ্যাসিডটির নামের শেষে যদি "আস্" (-ous) থাকে, তবে উৎপন্ন লবণের নামের শেষে "আইট্" (ite) কথাটি যোগ করা হয়, এবং অ্যাসিডটির নামের শেষে "-ইক্" (-ic) থাকে, তবে উৎপন্ন লবণের নামের শেষে "-এট্" (-ate) কথাটি যোগ করা হয়। তাহা হইলে ইহাই দাঁড়াইল যে,

—"আস্" (-ous) অ্যাসিডের লবণ হইবে—"আইট" (ite)—"ইক" (-ic) অ্যাসিডের লবণ হইবে "এট্" (-ate)। যেমন,

অক্সি-অ্যাসিড	**লবণ**
সলফিউরাস্ অ্যাসিড (H_2SO_3)	সোডিয়াম সলফাইট্ (Na_2SO_3)
হাইপোক্লোরাস্ অ্যাসিড ($HOCl$)	ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট্ [$Ca(OCl)_2$]
নাইট্রাস্ অ্যাসিড (HNO_2)	পটাসিয়াম নাইট্রাইট্ (KNO_2)
সলফিউরিক্ অ্যাসিড (H_2SO_4)	বেরিয়াম সলফেট্ ($BaSO_4$)
ক্লোরিক্ অ্যাসিড ($HClO_3$)	পটাসিয়াম ক্লোরেট্ ($KClO_3$)
ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)	ক্যালসিয়াম ফসফেট্ [$Ca_3(PO_4)_2$]

কোন কোন ধাতুর যোজ্যতা বিভিন্ন হয়। তখন একই অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন দুইটি লবণের নামকরণ করিতে হইলে যে লবণটিতে ধাতুর যোজ্যতা কম হয় তাহার নামে ধাতুর নামযুক্ত অংশে "-আস্" (-ous) শব্দ এবং যে লবণে ধাতুর যোজ্যতা বেশী হয়, তাহার নামে ধাতুর নামযুক্ত অংশে "-ইক" (-ic) শব্দ যোগ করা হয়। যেমন, $CuCl$ হইল কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড, $CuCl_2$ কিউপ্রিক ক্লোরাইড; Hg_2SO_4, মার্কিউরাস সলফেট; $HgSO_4$, মার্কিউরিক সলফেট; $SnCl_2$, ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইড, $SnCl_4$, ষ্ট্যানিক ক্লোরাইড।

লবণের শ্রেণীবিভাগ :—লবণগুলিকে সাধারণতঃ তিনটি ভাগে বিভক্ত করা হয়। (1) **পূর্ণ লবণ** বা **শমিত লবণ** (Normal salts), (2) **অর্ধ-লবণ** বা **অ্যাসিড-লবণ** বা **অম্ল-লবণ** (Acid salts) ও (3) **ক্ষার-লবণ** (Basic salts)।

পূর্ণ-লবণ বা **শমিত লবণ :**—কোনও অ্যাসিডের অণুতে বর্তমান সমস্ত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করার ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে পূর্ণ-লবণ বা শমিত লবণ বলে। যেমন, $NaNO_3$, K_2SO_4, $(NH_4)_3PO_4$ ইত্যাদি।

অর্ধ-লবণ বা অ্যাসিড-লবণ বা অম্ল-লবণ (বাই-লবণ) :—কোনও দ্বিক্ষারীয় বা ত্রিক্ষারীয় বা চতুঃক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুতে বর্তমান প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা আংশিক ভাবে প্রতিস্থাপিত হওয়ার ফলে যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে অর্ধ-লবণ বা অ্যাসিড লবণ বা অম্ল-লবণ বলা হয়। যেমন,

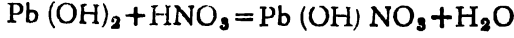
$NaHSO_4$, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, $CaH_2(CO_3)_2$ ইত্যাদি।

অর্ধ-লবণগুলি সকলক্ষেত্রেই ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পূর্ণ-লবণ দিয়া থাকে। যথা, $NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$।

অ্যাসিড লবণ

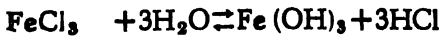
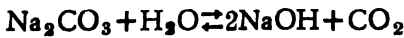
ক্ষার-লবণ :—যে পরিমাণ ক্ষারের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়া পূর্ণ লবণ উৎপন্ন হইয়া থাকে, তাহা অপেক্ষা অধিক মাত্রায় ক্ষারকের সহিত যদি অ্যাসিডটির বিক্রিয়া ঘটে, তখন যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে ক্ষার লবণ বলে। যেমন, $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$; $2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$ (হোয়াইট লেড, White lead), $BiOCl$ ইত্যাদি।

ক্ষার লবণের উৎপাদনের পদ্ধতি পরীক্ষা করিয়া দেখিলে বুঝা যায় যে, দ্বি-অম্লগ্রাহী (Diacid base) বা ত্রি-অম্লগ্রাহী (Triacid base) ক্ষারের প্রতিস্থাপনীয়—OH যৌগাংশের আংশিক প্রতিস্থাপনের দ্বারা এই প্রকারের লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$Pb(OH)_2 + HNO_3 = Pb(OH)NO_3 + H_2O$$

ক্ষার লবণ

জলীয় দ্রবণে লবণের বিক্রিয়া :—লবণের প্রকার-ভেদে তাহার জলের দ্রবণের ধর্ম বিভিন্ন প্রকার হইয়া থাকে। (1) পূর্ণ-লবণের দ্রবণ সাধারণতঃ প্রশমিত দ্রবণ (neutral solution) হইয়া থাকে। তবে এই প্রকারের প্রশমিত দ্রবণ কেবলমাত্র তীব্র (strong) অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়া হইতে উৎপন্ন লবণ হইতেই পাওয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ সোডিয়াম ক্লোরাইড অথবা পটাসিয়াম সলফেটের কথা বলা যায়। ইহাদের জলের দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন ঘটাইতে পারে না। কিন্তু মৃদু (weak) অ্যাসিড এবং তীব্র (strong) ক্ষার হইতে উৎপন্ন অথবা মৃদু ক্ষার এবং তীব্র অ্যাসিডজাত পূর্ণ-লবণ জলে দ্রবীভূত করিলে তাহারা জলের সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে এবং আর্দ্রবিশ্লিষ্ট (Hydrolysed) হয়; তাহাতে উক্ত উভয় প্রকারে উৎপন্ন পূর্ণ-লবণের দ্রবণ যথাক্রমে ক্ষারধর্মী এবং অ্যাসিডধর্মী হইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ সোডিয়াম কার্বনেট এবং ফেরিক ক্লোরাইডের উল্লেখ করা যাইতে পারে। প্রথমটি মৃদু অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার, কষ্টিক সোডা হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন হয় এবং ইহা পূর্ণ-লবণ, যেহেতু ইহাতে কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। দ্বিতীয়টি তীব্র অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক, ফেরিক হাইড্রোক্সাইড হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন হয় এবং ইহাও পূর্ণ-লবণ যেহেতু ইহাতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আয়রণ ধাতু দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। কিন্তু জলের দ্রবণে ইহাদের জলের সহিত নিম্নপ্রকার বিক্রিয়া ঘটে।—

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + CO_2$$

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

তাই প্রথমটিতে কষ্টিক সোডা এবং কার্বনিক অ্যাসিড ($CO_2 + H_2O = H_2CO_3$) জলের দ্রবণে উৎপন্ন হয় এবং কার্বনিক অ্যাসিডের অম্লত্ব (acidity) অপেক্ষা কষ্টিক

সোডার ক্ষারত্ব (**alkalinity**) খুব বেশী হওয়ায় উক্ত দ্রবণে লাল লিটমাসের দ্রবণ যোগ করিলে উহা নীল রং-এ পরিবর্তিত হয়। সেইরূপ দ্বিতীয়টিতে ফেরিক হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলের দ্রবণে উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অম্লত্ব ফেরিক হাইড্রক্সাইডের ক্ষারকত্ব (**basicity**) অপেক্ষা অনেক বেশী হওয়ায় উক্ত দ্রবণে নীল লিটমাসের দ্রবণ যোগ করিলে উহা লাল রং-এ পরিবর্তিত হয়। কিন্তু পূর্ণ-লবণ বা শমিত লবণ জলে অদ্রাব্য হইলে এই প্রকারে জলের সহিত বিক্রিয়া করে না। যেমন, সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$), লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$), ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ইত্যাদি।

(2) দ্রাব্য অ্যাসিড-লবণের জলীয় দ্রবণ সাধারণতঃ অ্যাসিডধর্মী হয়। ইহাদের জলের দ্রবণে নীল লিটমাস যোগ করিলে উহা লাল হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, সোডিয়াম অ্যাসিড সলফেটের ($NaHSO_4$) জলের দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। কিন্তু Na_2HPO_4 লবণটি যদিও অ্যাসিড লবণ কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ অতি অল্পমাত্রায় ক্ষারধর্মী এবং ইহার জলীয় দ্রবণকে প্রশমিত দ্রবণের ব্যবহার দেখাইতে দেখা যায়। আবার, $NaHCO_3$ লবণটি যদিও অ্যাসিড লবণ, ইহার জলীয় দ্রবণ অল্প পরিমাণে ক্ষারীয় ধর্ম দেখায়, কারণ যদিও ইহার দ্রবণ ফিনল্পথ্যালিনের দ্রবণের বর্ণকে গোলাপী করে না, কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জের কমলা রং-এর দ্রবণকে হলুদবর্ণে পরিবর্তিত করে।

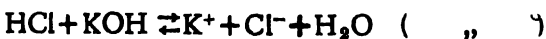
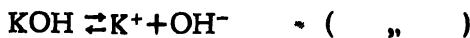
(3) ক্ষার-লবণগুলি সাধারণতঃ জলে অদ্রাব্য হয়। কাজেই জলের সহিত ইহাদের কোন প্রকার বিক্রিয়া হয় না।

তাই, জলের সহিত বিক্রিয়া এবং লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তনের উপর নির্ভর করিয়া লবণের কোন শ্রেণী বিভাগ করা হয় না।

[অ্যাসিডের জলের দ্রবণ H^+ (হাইড্রোজেন আয়ন) এবং ক্ষারের জলীয় দ্রবণে OH^- (হাইড্রক্সিল আয়ন) থাকে। সঠিকভাবে বলিতে গেলে অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে $H_3O^+(H^+ + H_2O = H_3O^+)$ আয়ন থাকে। যখন জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়া হয় তখন সকল ক্ষেত্রেই আয়নরূপে অবিয়োজিত জল উৎপন্ন হয় এবং লবণ আয়নিত অবস্থায় জলীয় দ্রবণে বর্তমান থাকে। যেমন,

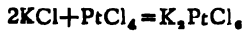
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \quad \text{(জলীয় দ্রবণে)}$$

$$KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^- \quad \text{(,,)}$$

$$HCl + KOH \rightleftharpoons K^+ + Cl^- + H_2O \quad \text{(,,)}$$

এই বিষয় একাদশ শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা, তৃতীয় ভাগে" তড়িৎ-বিশ্লেষণের অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে।]

দ্রষ্টব্য :—যখন একটি প্রশমিত লবণের জলীয় দ্রবণ অন্য একটি প্রশমিত লবণের দ্রবণের সহিত মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া কেলাসিত করা হয় তখন সময় সময় এরূপ কেলাস পাওয়া যায় যাহাতে দুইটি লবণই আণবিক অনুপাতে স্ফটিক-জলের সহিত বর্তমান থাকিতে দেখা যায়। যেমন পটাসিয়াম সলফেটের দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণকে কেলাসিত করিলে পটাস অ্যালমের কেলাস পাওয়া যায়। তাহার আণবিক সংকেত হইল $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ এই প্রকারের লবণকে **দ্বিধাতুক লবণ** (Double salt) বলা হয় এই প্রকারের দ্বিধাতুক লবণ ইহার উৎপাদক লবণগুলি হইতে রং-এ, কেলাসের রূপে এবং স্ফটিক জলের পরিমাণে পার্থক্য দেখাইয়া থাকে, কিন্তু জলের দ্রবণে উহাদের পৃথক সত্তা দেখা যায় না, কারণ তখন ইহারা সম্পূর্ণরূপে ইহার উৎপাদক লবণ দুইটির মিশ্রণরূপে বিক্রিয়া দেখাইয়া থাকে।

আবার সময় সময় দুইটি লবণের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া কেলাসিত করিলে দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন হয় বটে, কিন্তু তাহার প্রকৃতি পূর্বে উল্লিখিত দ্বিধাতুক লবণ হইতে পৃথক্ দেখা যায়। যেমন, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত প্লাটিনিক ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া কেলাসিত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরো-প্ল্যাটিনেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$2KCl+PtCl_4=K_2PtCl_6$$

এই কেলাসগুলিকে জলে দ্রাবিত করিলে ইহার দ্রবণের ব্যবহার পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ও প্ল্যাটিনিক ক্লোরাইডের মিশ্রিত দ্রবণ হইতে একেবারেই পৃথক্ হয়। এই দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলে সিলভার ক্লোরাইডের থকথকে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না, কিন্তু অন্য একটি হলুদ বর্ণের কেলাসিত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং তাহা হইল সিলভার ক্লোরোপ্ল্যাটিনেটের (Ag_2PtCl_6)। এই প্রকারের দ্বি-ধাতুক লবণকে **জটিল লবণ** (Complex Salts) বলে।

Questions

1. Define acid, base and salt. What are their characteristic properties? Give examples.

১। অম্ল, ক্ষারক ও লবণের সংজ্ঞা লিখ। উদাহরণ সহকারে তাহাদের প্রত্যেকের ধর্ম যতদূর জানা আছে লিখ।

2. Define salt. How will you classify salts? Classify the following salts:—

Sodium bicarbonate, Copper chloride, Sodium nitrate and Bismuth

oxychloride. Has the reaction of a salt anything to do with the classification ?

২। লবণের সংজ্ঞা লিখ। লবণের বিভাগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নিম্নলিখিত লবণগুলি লবণের কোন্ বিভাগে পড়িবে তাহা উল্লেখ কর :—

সোডিয়াম বাইকার্বনেট, কপার ক্লোরাইড, সোডিয়াম নাইট্রেট এবং বিসমাথ অক্সিক্লোরাইড। লবণের জলের দ্রবণের সহিত লিটমাসের বিক্রিয়া ও লবণের বিভাগের কোন সম্বন্ধ আছে কি না বল।

3. What do you understand by the basicity of an acid ? State the basicity of nitric acid and sulphuric acid, giving reasons for your statement.

৩। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলিতে কি বুঝায় ? নাইট্রিক অ্যাসিড এবং সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা কত তাহা কারণ উল্লেখ করিয়া লিখ।

4. What is an acid ? State, with your reasons, which of the following substances you regard as acid :—

Ammonia, hydrogen chloride, carbon dioxide, hydrogen sulphide. How is an acid salt prepared ?

৪। অ্যাসিড কাহাকে বলে ? কারণ উল্লেখ করিয়া নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির ভিতর কোনগুলি অ্যাসিড তাহা বল :—

অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সলফাইড। কি প্রকারে অ্যাসিড লবণ প্রস্তুত করা যায় ?

5. What are acids ? What is their action on (*a*) metals, (*b*) bases and (*c*) salts ? Are all bases alkali ? Give three methods by which you can differentiate between a base and an alkali when supplied in the solid state.

৫। অ্যাসিড কি প্রকারের পদার্থ ? (ক) ধাতু (খ) ক্ষারক এবং (গ) লবণের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়া বর্ণনা কর। সকল ক্ষারকই কি ক্ষার ? তিনটি ধর্মের উল্লেখ করিয়া ক্ষারকের ও ক্ষারের প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।

6. What are salts and bases ? In which of these classes of substances you would place (*a*) sodium hydroxide and (*b*) sodium carbonate. Illustrate the reasons for your answer by equations.

৬। লবণ ও ক্ষারক কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির কোন্‌টি লবণ এবং কোন্‌টি ক্ষারক তাহা কারণ উল্লেখ করিয়া লিখ :—

(ক) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (খ) সোডিয়াম কার্বনেট। সমীকরণ সহকারে ব্যাখ্যা করিয়া শ্রেণী বিভাগ বুঝাইয়া দাও।

সপ্তম অধ্যায়

নাইট্রোজেন (Nitrogen)

সংকেত—N। আণবিক সংকেত—N_2। পারমাণবিক ওজন—14

বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক—14।

নাইট্রোজেন মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে 78% আয়তনিক অনুপাতে বর্তমান। যুক্ত-ভাবে ইহা প্রকৃতিতে যথেষ্ট দেখা যায়। উদ্ভিদ্ ও প্রাণী-দেহে প্রোটিনরূপে, মাটিতে, বিশেষতঃ গরম দেশে, পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) বা সোরারূপে, চিলির বৃষ্টিবিহীন অংশে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) বা চিলির নাইটার রূপে এবং অন্যত্র অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডরূপে (নিশাদল, NH_4Cl) অনেক পরিমাণে পাওয়া যায়।

রাদারফোর্ড 1772 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন। কিন্তু তখন ইহার নাম মেফিটিক বায়ু (mephitic air) দেওয়া হইয়াছিল। 1775 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার ইহার মৌলত্ব প্রমাণিত করেন এবং ইহার নাম "অ্যাজোট" (azote) রাখেন। পরে চাপটাল ১৭৯০ খ্রীষ্টাব্দে নাইটারএ (সোরায়) ইহার অবস্থানের জন্য ইহার নামকরণ করেন "নাইট্রোজেন"। সেই নামেই ইহা এখন সর্বত্র পরিচিত।

যেহেতু বায়ুতে যথেষ্ট পরিমাণ নাইট্রোজেন মুক্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সহিত সাধারণ মিশ্রণে বর্তমান, সেইহেতু যে-কোন উপায়ে বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিতে পারিলে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে। তন্মধ্যে ফস্‌ফোরাস বা উত্তপ্ত কপার দিয়া অক্সিজেন শোষণ করিলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই

নাইট্রোজেনে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ (যথা, আরগন্, হিলিয়াম, নিয়ন ক্রিপটন্ ও জেনন্ প্রভৃতি) ও অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে। কাজেই ইহা বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন নহে। কিন্তু কোন কোন শিল্পে যখন প্রভূত পরিমাণে নাইট্রোজেন প্রয়োজন হয়, তখন বায়ু হইতেই তাহা আহরণ করা হয়।

(1) **ফস্‌ফোরাস্ দ্বারা অক্সিজেন শোষণ** :—এই প্রণালী ৬০ পৃঃ বায়ুর অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে।

দ্রষ্টব্য :—**কিন্তু এই উপায়ে বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন অপসারিত করা যায় না।**

(2) **উত্তপ্ত কপার দ্বারা অক্সিজেন শোষণ** :—একটি গ্যাসের আধারে বায়ু সংগ্রহ করা হয়। সেই বায়ুকে পর পর পটাস বাল্‌বে রক্ষিত কষ্টিক পটাস (KOH) ও গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া যথাক্রমে বায়ুস্থ কার্বন্ ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। তাহার পর কাচের বড়মুখের নল-এ (Hard glass tube) দুই দিকে দুইটি রবারের ছিপি আঁটিয়া সেই ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি স্টপকক্-যুক্ত সরু কাচের নল লাগান হয়। তাহারই একটি বায়ু-বিশুদ্ধীকরণের শেষ U-নলের সহিত

চিত্র নং—18

যুক্ত করা হয়। অপর সরু নলটি দিয়া যে গ্যাস্ বাহির হয়, তাহা একটি বায়ুশূন্য স্টপকক্-যুক্ত কাচের ফ্লাস্কে সংগ্রহ করিবার ব্যবস্থা করা হয়। তাহার পর শক্ত

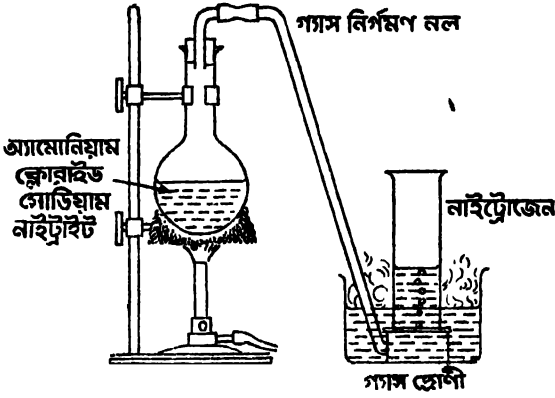
কাচের নলে কিছু কপারের ছিবড়া (Copper turnings) লওয়া হয় এবং কপারের ছিবড়া সমেত ঐ নলটি সম্পূর্ণভাবে দুইদিকে (চিত্র নং 14তে দেখান মত) বায়ুনিরোধী ভাবে যুক্ত করিয়া একটি চুল্লীতে বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর স্টপককগুলি পর পর একটু একটু করিয়া খুলিয়া দেওয়া হয়। তখন বায়ুশূন্য ফ্লাস্ক থাকার জন্য ধীরে ধীরে বায়ুর আধার হইতে বায়ু আসিতে থাকে এবং উত্তপ্ত কপারের ছিবড়ার উপর দিয়া যাইবার সময় তাহার অক্সিজেন কপারের সহিত যুক্ত হইয়া কালো কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন গ্যাস বায়ুশূন্য ফ্লাস্কে জমা হয়। $2Cu+O_2=2CuO$.

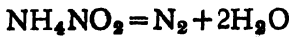
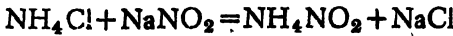
এই নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ থাকার ফলে ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক, যে নাইট্রোজেন তাহার যৌগ হইতে প্রস্তুত করা হয় তাহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক অপেক্ষা বেশী হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ—এক লিটার রাসায়নিভাবে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ওজন হইল 1.2507 গ্রাম এবং এক লিটার বায়ু হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতার উত্তাপে ওজন হইল 1·2572 গ্রাম। বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনে অন্যান্য পদার্থ, যথা নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী গ্যাসীয় পদার্থ যথা, আরগন্, ক্রিপ্‌টন ও জেনন্ এবং নাইট্রোজেন অপেক্ষা হাল্কা অন্য দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ হিলিয়াম ও নিয়ন বর্তমান থাকে। এই গ্যাসীয় পদার্থগুলিকে বায়ুস্থিত বিরল গ্যাস বলে। বায়ু হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের বাষ্পার ঘনাঙ্ক সামান্য বেশী এই তথ্য র‍্যালে নির্ধারিত করার পর র‍্যালে ও র‍্যাম্‌জের গবেষণা দ্বারা এই পাঁচটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কৃত হয় (1894)। ইহার প্রায় একশত বৎসর পূর্বে ক্যাভেনডিশ প্রমাণিত করেন যে, বায়ু ও অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎ মোক্ষণ দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ ঘটাইয়া সমস্ত নাইট্রোজেন উহার অক্সাইডে পরিণত করিয়া কষ্টিক সোডা ও লিভার অফ সলফার দ্বারা নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও অক্সিজেন শোষিত করার পর সামান্য গ্যাস অশোষিত থাকিয়া যায়। কিন্তু তিনি উহা কোন্ গ্যাস তাহা বলিতে পারেন নাই। পরে র‍্যালে ও র‍্যাম্‌জে বর্ণালী পরীক্ষা দ্বারা উক্ত অবশিষ্ট গ্যাসে পাঁচটি বিভিন্ন গ্যাস আবিষ্কার করেন।

পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম যৌগ হইতে তৈয়ারী করা হয়। অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) নামক যৌগের দ্রবণ হইতে সামান্য উত্তাপ-প্রয়োগে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। কিন্তু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিয়োজন অনেক সময় বিস্ফোরণ-সহ হওয়ার সম্ভাবনা। সেই কারণে উহার পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘনীভূত দ্রবণকে ঈষৎ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন প্রস্তুত করাই সাধারণ নিয়ম। একটি কাচের ফ্লাস্কের মুখে কর্ক আঁটিয়া তাহাতে একটি গ্যাস-নির্গমন নল লাগাইয়া লওয়া

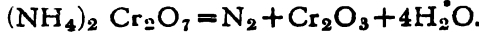
হয়। নলটির মুখ একটি গ্যাসদ্রোণীতে জলের নীচে ডুবাইয়া রাখা হয়। উক্ত কাচের ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ মিশাইয়া লওয়া হয়। এই দ্রবণসহ ফ্লাস্ক তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা সামান্য উত্তপ্ত করিলেই নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকে এবং গ্যাসদ্রোণীর জলের ভিতর বুদ্বুদ আকারে দেখা দেয়। তখন একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার গ্যাসদ্রোণীর ভিতর জলের নিম্নে অবস্থিত মধুকোষপীঠের উপর দিকে অবস্থিত ছিদ্রের উপর উপুর করিয়া দেওয়া হয় এবং উক্ত নির্গম-নলের মুখ মধুকোষপীঠের নীচের পার্শ্বদেশে অবস্থিত ছিদ্রের ভিতর প্রবেশ করাইয়া রাখা হয়। নাইট্রোজেন গ্যাস উক্ত গ্যাস-

চিত্র নং—19

জারে জল অপসারিত করিয়া সঞ্চিত হয়। যদি গ্যাস-নির্গমন অতি দ্রুতগতিতে হইতে আরম্ভ হয়, তবে বুনসেন দীপ সরাইয়া লইয়া ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। যখন আবার গ্যাস-নির্গমনের বেগ কমিয়া আসে তখন আবার উত্তাপ দেওয়া হয়।

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

এই নাইট্রোজেনও বিশুদ্ধ নয়। ইহার সহিত স্বল্পপরিমাণ ক্লোরিণ, অ্যামোনিয়া এবং নাইট্রিক অক্সাইড (NO) এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ক্লোরিণমুক্ত করিবার জন্য এই নাইট্রোজেনকে প্রথমতঃ কস্টিক সোডার দ্রবণের ভিতর দিয়া লওয়া হয়, তাহার পর অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প অপসারিত করার জন্য গাঢ়

সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া গ্যাসটিকে চালনা করা হয়। তাহার পর নাইট্রিক অক্সাইড তাড়াইতে গ্যাসটিকে একটি শক্ত কাচের নলে রক্ষিত উত্তপ্ত কপারের ছিবড়ার উপর দিয়া চালনা করিবার পর গ্যাসটি পারদ অপসারণ দ্বারা পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

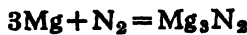
অন্যান্য অ্যামোনিয়ামের যৌগ, যথা, অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট হইতেও উত্তাপ প্রয়োগ দ্বারা নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

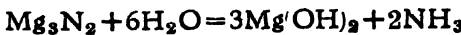
$$(NH_4)_2\ Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O.$$

দ্রষ্টব্য ঃ—অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিয়া নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি খুব উগ্রভাবে ঘটিয়া থাকে এবং অন্ধকার ঘরে দ্রবণের ভিতর আলোকের ঝিলিক দেখা যায়। $8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$

অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণে সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইটের দ্রবণ যোগ করিলেও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইটের দ্রবণ পাইতে হইলে 10 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড 100 ঘন সেন্টিমিটার জলে দ্রাবিত করিয়া দ্রবণকে শীতল করিয়া উহাতে 6 ঘন সেন্টিমিটার ব্রোমিন যোগ করিতে হয়। $2NH_3 + 3NaOBr = 3NaBr + 3H_2O + N_2$

নাইট্রোজেনের ধর্ম ঃ—নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ। ইহা জলে প্রায় অদ্রাব্য। ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক বায়ু হইতে সামান্য কম।

নাইট্রোজেন দাহ্যও নয়, দহনের সহায়কও নহে। শ্বাস-প্রশ্বাসেরও ইহা কোন প্রকার সহায়ক নয়। একটি জলন্ত পাকাটি এই গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিলে তাহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটিও জ্বলিয়া উঠে না। কিন্তু জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার এই গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিলে তাহা জলিতে থাকে এবং তখন ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড নামক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে।

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

এই যৌগ পদার্থে জল দিলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের উৎপত্তি হয়।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$

সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন মোটেই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায় অনেক মৌলের সহিতই ইহার ক্রিয়াশীলতা দেখিতে পাওয়া যায়

(i) হাইড্রোজেনের সহিত উচ্চচাপে (200 অ্যাটমোস্‌ফিয়ার) এবং প্রায় 550° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়, লৌহচূর্ণ অনুঘটক-হিসাবে ব্যবহার করিয়া নাইট্রোজেনকে যুক্ত করা যায় এবং তাহাতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $N_2+3H_2=2NH_3$

তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যেও নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগ স্বল্প পরিমাণে ঘটান যাইতে পার।

(ii) তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে প্রায় 3000° সেন্টিগ্রেড উত্তাপে নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করিয়া আংশিকভাবে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে। $N_2+O_2\rightleftharpoons 2NO$

(iii) ধাতব ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, লিথিয়াম্, অ্যালুমিনিয়াম এবং অধাতু বোরন্, সিলিকন প্রভৃতি লোহিত-তাপে (red-heat) নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং ইহাদের নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। নাইট্রাইডগুলি জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়া থাকে। লিথিয়ামের সহিত সাধারণ উষ্ণতাতেও নাই-ট্রোজেন যুক্ত হইয়া লিথিয়াম নাইট্রাইড, Li_3N গঠিত করে। $3Ca+N_2=Ca_3N_2$; $2Al+N_2=2AlN$; $2B+N_2=2BN$; $BN+3H_2O=H_3BO_3+NH_3$.

লিথিয়াম নাইট্রাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া দেয়, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুগুলির নাইট্রাইড গরম জলের সহিত বিক্রিয়া করে এবং বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প দ্বারা আক্রান্ত হইয়া অ্যামোনিয়া দিয়া থাকে।

(iv) ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে (CaC_2) 1100° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর নাইট্রোজেন গ্যাস দিলে, উহা নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়ানেমাইড নামক পদার্থ উৎপন্ন করে। $CaC_2+N_2=CaCN_2+C$.

ক্যালসিয়াম সায়ানেমাইড এবং কার্বনের মিশ্রণকে "নাইট্রোলিম" বলে। এই নাইট্রোলিম সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। উচ্চ উষ্ণতায় এবং উচ্চ চাপে জলীয় বাষ্পের সহিত ক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম সায়ানেমাইড হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়। $CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$.

ব্যবহার :—অ্যামোনিয়া, নাইট্রোলিম, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির পণ্য-

উৎপাদনে প্রচুর নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-বালবের পূরণে এবং গ্যাস থার্মোমিটার পূরণে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের তুলনামূলক আলোচনা

নাইট্রোজেন	অক্সিজেন
1. বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস।	1. বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস।
2. বায়ু অপেক্ষা সামান্য হালকা, ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 14।	2. বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী, ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 16।
3. জলে অদ্রাব্য।	3, জলে নাইট্রোজেন অপেক্ষা বেশী দ্রাব্য, তবে দ্রাব্যতা খুবই কম।
4. নাইট্রোজেন নিজে দাহ্য নহে, দহনের সহায়কও নহে।	4. অক্সিজেন নিজে দাহ্য নহে, কিন্তু অন্য পদার্থের দহনের বিশেষ সহায়ক।
5. নাইট্রোজেনের সাধারণ উষ্ণতায় কোন শোষক নাই।	5. অক্সিজেন সাধারণ উষ্ণতায় ক্ষারযুক্ত পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়।

Questions

1. Describe the laboratory method of preparing nitrogen. Is there any difference between nitrogen prepared from its compounds and nitrogen obtained from air after removal of oxygen ?

১। পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করার প্রণালী বর্ণনা কর। নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে উৎপাদিত নাইট্রোজেন ও বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণের পর প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ভিতর কোন পার্থক্য আছে কি ?

2. What happens when nitrogen gas is passed over the following substances after heating them to red-heat ? Express the reactions by equations.

(*a*) Magnesium ribbon, (*b*) Metallic aluminium (*c*) Boron, (*d*) Calcium carbide. State the action of water on each of the products, mentioning the temperature of reaction.

২। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি লোহিত তপ্ত করিয়া তাহার উপর নাইট্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে কি ঘটিয়া থাকে? সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর।

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের তার, (খ) অ্যালুমিনিয়াম ধাতু, (গ) বোরন্, (ঘ) ক্যালসিয়ম কার্বাইড।

প্রত্যেক উৎপন্ন পদার্থের সহিত জলের ক্রিয়া উষ্ণতার উল্লেখ সহকারে বর্ণনা কর।

3. State the use of nitrogen. How is nitrogen manufactured? Compare the properties of nitrogen with those of oxygen.

৩। নাইট্রোজেনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নাইট্রোজেনের পণ্য-উৎপাদন কিভাবে করা হয়? নাইট্রোজেনের ও অক্সিজেনের ধর্মের তুলনা কর।

অষ্টম অধ্যায়

জল (Water)

আণবিক সংকেত—H_2O। আণবিক ওজন—18 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক—9
আপেক্ষিক গুরুত্ব—1।

বহুদিন পর্যন্ত ভারতীয় এবং গ্রীক দার্শনিকগণ জলকে মৌলিক পদার্থ হিসাবে গণ্য করিতেন। 1781 খ্রীষ্টাব্দে ক্যাভেনডিস (Cavendish) বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ।

প্রকৃতিতে জল সর্বত্র এবং প্রচুর পরিমাণে দেখা যায়। ভূ-পৃষ্ঠকে চার ভাগ করিলে উহার তিন ভাগই জল দ্বারা ব্যাপ্ত দেখিতে পাওয়া যায়। বিশাল সমুদ্রসমূহ, যাহা পৃথিবীর স্থলভাগকে বেষ্টন করিয়া আছে, বহু হ্রদ, অসংখ্য নদী, প্রস্রবণ ও ঝর্ণা প্রভৃতি সমস্তই জলের আকর। এইগুলিতে জল তরল অবস্থায় বর্তমান। কিন্তু কঠিন ও বাষ্পরূপেও প্রকৃতিতে যথেষ্ট জল পাওয়া যায়। মেরুপ্রদেশে এবং উচ্চ পর্বতের শিখরদেশে বরফ দেখিতে পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থান সম্বন্ধে পূর্বেই বলা হইয়াছে। ইহা ছাড়া জল প্রাণী ও উদ্ভিদদেহের উপাদান হিসাবে দেখা যায়। অনেক খনিজ পদার্থের সহিতও জল সংশ্লিষ্ট আছে।

প্রাকৃতিক জলের বিভাগ : (Natural water) :—নানাভাবে জলের শ্রেণীবিভাগ করা হইয়া থাকে।

(ক) **উৎস অনুসারে শ্রেণীবিভাগ :—**

(i) **বৃষ্টির জল :—**সমুদ্র, নদী, বৃহৎ ও ক্ষুদ্র জলাশয় প্রভৃতি হইতে সূর্যের উত্তাপে জল বাষ্পাকারে রূপান্তরিত হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়। পরে বায়ুমণ্ডল শীতল হইলে উক্ত জলীয় বাষ্প বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর উপর পতিত হয়। অতএব বৃষ্টির জলকে স্বাভাবিকভাবে পাতিত জল বলা যাইতে পারে। কিন্তু পাতিত জল হইলেও ইহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। ইহা বায়ুমণ্ডল অতিক্রম করিবার সময় বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড (বায়ুর উচ্চস্তরে তড়িৎ-মোক্ষণে উৎপন্ন), অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত করে এবং বহু সূক্ষ্ম ধূলিকণাও উহার সহিত মিশ্রিত হয়। সহরের বায়ুতে প্রায়শঃ সলফিউরিক অ্যাসিড ও সলফার ডাই-অক্সাইড [কয়লাতে আইরন পাইরাইটিসের (FeS_2) অবস্থান এবং শিল্পবহুল সহরে ঐ কয়লা বহুল পরিমাণে পোড়ানর ফলে উৎপন্ন] থাকে এবং বৃষ্টির জলের সহিত ঐগুলির দ্রবণ তৈয়ারী হয়। কিন্তু কিছুক্ষণ বেগে বৃষ্টি হইয়া যাইবার পর বৃষ্টির জল সংগ্রহ করিলে তাহাতে উক্ত দ্রব্যগুলির পরিমাণ অতি কম হইয়া থাকে এবং প্রাকৃতিক জলের ভিতর ইহাকেই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ বলিয়া মনে করা হয়।

(ii) **ঝরণা ও কূপজল :—**বৃষ্টির জল ভূ-পৃষ্ঠের সচ্ছিদ্র স্তরের ভিতর প্রবেশ করিয়া ক্রমশঃ স্তরে স্তরে প্রবাহিত হইয়া পরিস্রুত হয় এবং পরে ঝরণারূপে আত্মপ্রকাশ করে বা কূপের ভিতর সঞ্চিত হয়। সেই কারণে ঝরণা ও কূপজলে কোন প্রলম্বিত (suspended) ময়লা থাকে না। তবে ইহা ভূস্তর অতিক্রম করিবার সময় জলে দ্রবণীয় Ca, Mg, Na, K, Fe প্রভৃতি ধাতুর লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত করে।

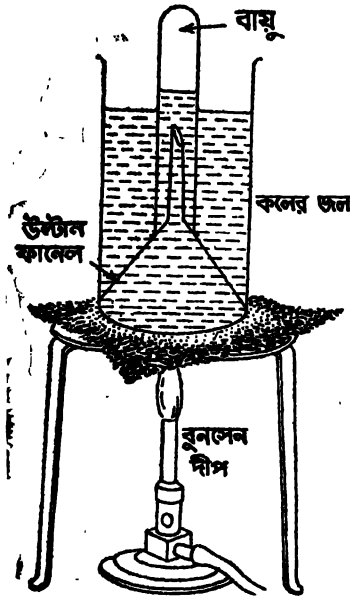
যখন অতিরিক্ত পরিমাণ লবণজাতীয় পদার্থ ঝরণা বা কূপজলে দ্রবীভূত থাকে, তখন উহাকে প্রায়ই **খনিজ জল** (mineral water) বলা হয়। বিশিষ্ট বিশিষ্ট লবণের আধিক্যের ফলে খনিজ জলের বিভিন্ন স্বাদ ও বিভিন্ন প্রকৃতি দেখিতে পাওয়া যায়। সময় সময় বিভিন্ন প্রকার খনিজ-জলের বিভিন্ন রোগ নিরাময় করিবার ক্ষমতাও দেখা যায়। কোন কোন খনিজ জলে সোডিয়াম এবং লিথিয়াম বাই-কার্বনেটের ($NaHCO_3$ এবং $LiHCO_3$) অস্তিত্ব দেখা যায়। সেই সেই খনিজ জলের বাত নিরাময় করিবার ক্ষমতা দেখা যায়। গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড অনেক খনিজ

জলে থাকে এবং সেই সমস্ত খনিজ জলে স্নান করিলে শরীরের অবসাদ দূর হয়। গ্যাসীয় হাইড্রোজেন সলফাইড (H_2S) খনিজ জলে দ্রবীভূত থাকিলে তাহা সেবনে লিভারের গোলযোগে বিশেষ উপকার পাওয়া যায়। সেই প্রকার জলকে হেপ্যাটিক (Hepatic) জল বলে। ইংলণ্ডের বাথ (Bath) ও হ্যারোগেট-এ (Harrogate) এই প্রকার ঝরণা আছে। জার্মানির এপসম্ (Epsom) নামক স্থানে ঝরণার জলে ম্যাগনেসিয়াম সর্লফেট ($MgSO_4$) বিদ্যমান দেখা যায়। স্থানে স্থানে লৌহঘটিত লবণও ঝরণার জলে থাকে। এই সমস্ত প্রকারের ঝরণার জলই রোগ-নিরাময়ে সাহায্য করে। আমাদের দেশে ভুবনেশ্বর, রাজগীর, সীতাকুণ্ড প্রভৃতির জল এই প্রকারের খনিজ জল এবং সেই কারণে উক্ত স্থানগুলি স্বাস্থ্যনিবাস হিসাবে প্রসিদ্ধ।

(iii) **নদী-জল** :—সাধারণতঃ বৃষ্টির জলের কতকাংশ হইতে এবং পাহাড়ের উপরের বরফ-গলা জল হইতে নদ-নদীর সৃষ্টি হয়। অনেক সময় ঝরণার জলও প্রবাহিত হইয়া নদীর সৃষ্টি করে। জলের দ্রাবক-শক্তি খুব বেশী। সেই কারণে ভূ-পৃষ্ঠের উপর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় উহা বহুপ্রকারের পদার্থকে দ্রবীভূত করিয়া নিজের সহিত মিশাইয়া লয়। আবার, নদীর পার্শ্ববর্তী ভূভাগ হইতে নদীর জলে অনেক অদ্রাব্য পদার্থ ও ময়লা আসিয়া মিশিয়া যায়। সেইজন্য নদীর জল ঘোলাটে দেখায়। প্রলম্বিত ও দ্রবীভূত জৈব ও অজৈব পদার্থ ছাড়াও এই জলের সহিত ব্যাকটিরিয়া (Bacteria) এবং নানাবিধ রোগবীজাণু মিশিয়া থাকে। বর্ষাকালে নদীর জলে প্রলম্বিত দ্রব্যের আধিক্য হওয়ার ফলে তাহা অত্যধিক ঘোলাটে দেখায়।

(iv) **সমুদ্র-জল** :—এই জলে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সর্বাধিক। প্রলম্বিত পদার্থ অতি সামান্য পরিমাণই এই জলে দেখা যায়। ইহাতে খাদ্যলবণের (সোডিয়াম ক্লোরাইডের) পরিমাণই অন্যান্য বিভিন্ন ধাতব লবণ অপেক্ষা অনেক বেশী। সাধারণতঃ সমগ্র দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ 3·6% এবং তাহার ভিতর 2·6%ই সাধারণ লবণ। সেইজন্য ইহার স্বাদ লবণাক্ত এবং ইহা অপেয়।

স্বাভাবিক জলে দুই প্রকারের অশুদ্ধি (impurities) থাকে :—(ক) **প্রলম্বিত** এবং (খ) **দ্রবীভূত**। (ক) জলে **অদ্রাব্য** এবং **প্রলম্বিত অশুদ্ধির** অস্তিত্ব সহজেই বুঝা যায়, কারণ উক্ত প্রকারের জলকে ঘোলাটে দেখায়। যখন জল স্বচ্ছ ও পরিষ্কার দেখা যায়, তখন ঐ প্রকারের অশুদ্ধির অনুপস্থিতি সহজেই বোধগম্য হয়।

(খ) দ্রবীভূত অশুদ্ধি দুই প্রকারের :—**উদ্বায়ী** ও **অনুদ্বায়ী**। জলে **উদ্বায়ী** অশুদ্ধির অস্তিত্ব নিম্নলিখিত উপায়ে প্রমাণ করা যায়। একটি বীকারে কল হইতে জল ভর্তি করা হইল। তাহার ভিতর একটি ছোট ফানেল উপুড় করিয়া এরূপভাবে ডুবাইয়া দেওয়া হইল যে, ফানেলের নলটি সম্পূর্ণরূপে জলের ভিতর ডুবিয়া থাকে। তাহার পর একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল মুখবন্ধ করিয়া বীকারের জলে ডুবাইয়া মুখ খুলিয়া দিয়া ফানেলের নলের উপর আনিয়া বসান হইল। বীকারটি ইহার পর তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে গরম করা হইল। তখন দেখা যাইবে যে, পরীক্ষা-নলের ভিতর কিছুটা গ্যাস জমা হইয়াছে। গ্যাসটি বায়ু, তাহা প্রমাণ করা যাইতে পারে। অতএব দেখা যায় যে, জলে বায়ু দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। জলে **অনুদ্বায়ী** অশুদ্ধির অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে একটি পোর্সিলেন বেসিনে (Basin) কিছুটা কলের পরিষ্কার জল লইয়া উত্তাপ দ্বারা জলকে পরিপূর্ণভাবে বাষ্পীভূত করা হয়। তখন দেখা যায় যে, বেসিনে কঠিন অবস্থায় কিছুটা পদার্থ থাকিয়া গিয়াছে। এই কঠিন পদার্থসমূহ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ছিল এবং জল বাষ্পাকারে অপসারিত করার পর তাহা বেসিনে থাকিয়া গিয়াছে।

চিত্র নং—20

জলের **অশুদ্ধি অপসারণ** (Purification) করিতে হইলে প্রথমে জল থিতাইয়া (sedimentation), উহাকে আস্রাবণ (decantation) বা পরিস্রাবণ (filtration) দ্বারা অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত অশুদ্ধি (যথা, কাদা, বালি, উদ্ভিজ্জ পদার্থ) হইতে পৃথক করা হয়। তাহার পর পরিস্রুৎকে (filtrate) তামার পাত্র হইতে টিনের শীতকের সাহায্যে পাতনের (distillation) দ্বারা দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি হইতে পৃথক করা হয়। উদ্বায়ী দ্রাব্য অশুদ্ধিগুলি এইভাবে পৃথক করা সম্ভব হয় না।

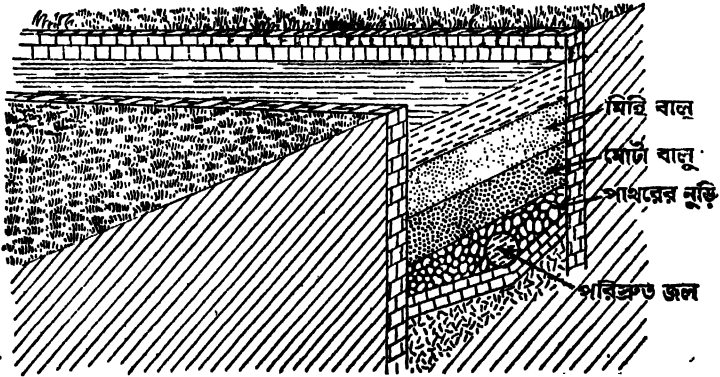
অতি বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে উপরে লিখিত উপায়ে জলকে একবার পাতিত করিয়া লওয়া হয়। তাহার পর উক্ত পাতিত জল ফুটন্ত অবস্থায় আনয়ন করিয়া তাহার ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস প্রেরণ করা হয়। ইহাতে জলে যে অ্যামোনিয়া থাকে তাহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন গ্যাসের আকারে উড়িয়া যায়। তাহার পর ফুটাইয়া ক্লোরিণ গ্যাস যতটা পারা যায় তাড়াইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর অবশিষ্ট জলের সহিত গাঢ় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ($KMnO_4$) এবং কস্টিক পটাসের দ্রবণ মেশান হয়। তৎপরে টিনের বা সিলভারের শীতক ব্যবহার করিয়া এই জলকে পুনঃপাতিত করা হয়। পাতিত জলের প্রথম $\frac{1}{3}$ অংশ ত্যাগ করা হয়, মধ্যের $\frac{1}{3}$ অংশ ভিন্ন পাত্রে সংগ্রহ করা হয় এবং শেষ $\frac{1}{3}$ অংশ পাতন-ফ্লাস্কেই ত্যাগ করা হয়। এই মধ্য $\frac{1}{3}$ অংশ রাসায়নিকভাবে (Chemically) বিশুদ্ধ জল।

জলের ব্যবহার:—জল প্রাণিসমূহের পানীয় রূপে, বয়লারে বাষ্প-উৎপাদনে, ধৌত করিবার জন্য, ফটোগ্রাফিতে, ঔষধ-প্রস্তুতে, রসায়নাগারে রাসায়নিক বিশ্লেষণে এবং দ্রাবক হিসাবে ও শিল্পে শীতলতা উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পানীয় জল:—অধিকাংশ ক্ষেত্রেই স্বাভাবিক জল পানীয় হিসাবে ব্যবহৃত হইবার উপযুক্ত নয়। পানীয় জলে কোন প্রকারের রোগ-বীজাণু থাকিবে না বা তাহাতে ভাসমান অদ্রাব্য পদার্থও থাকিবে না। উহাতে লবণের পরিমাণও বেশী হইবে না। সাধারণতঃ পাতন-ক্রিয়া দ্বারা উক্ত সকল প্রকার অশুদ্ধিই দূরীভূত করা যায়। তাহাতে মনে হইতে পারে যে, স্বাভাবিক জলকে পাতিত করিলেই তাহা পানীয়রূপে ব্যবহার করা যাইতে পারে। কিন্তু পাতিত জল স্বাদহীন। সেইজন্যই উহা পানীয় হিসাবে গণ্য হয় না। দ্রবীভূত সামান্য কিছু লবণ, অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকিলে পানীয় জলের স্বাদ ভাল হয়।

পানীয় জল বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে নদী বা পুষ্করিণীর জলকে ফুটাইয়া বীজাণুশূন্য করা হয়; পরে ঐ ফুটান জল একটি কলসীতে লইয়া উহাতে একটু ফটকিরি (alum) মিশাইয়া দেওয়া হয়। এই কলসীর নীচে একটি সরু ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া ঐ জল উহার তলদেশে অবস্থিত অন্য একটি সরুছিদ্র-বিশিষ্ট কাঠ কয়লার গুঁড়া-পূর্ণ কলসীতে পড়িতে থাকে। সেই কলসী হইতে তাহার নিম্নস্থ ছিদ্র দিয়া জল চুয়াইয়া অন্য একটি অনুরূপ ভাবে অবস্থিত বালুকাপূর্ণ কলসীতে পড়িতে থাকে। এই বালুকাপূর্ণ কলসীর নিম্নস্থ সরুছিদ্র দিয়া পরিস্রুত

জল সর্বনিম্নস্থ একটি আধারে সঞ্চিত হয়। যেখানে অল্পপরিমাণ বিশুদ্ধ জল হইলেই পানীয় সমস্যার সমাধান হয়, সেখানে এইভাবে সাধারণতঃ জল শোধন করা হয়। গ্রামের গৃহস্থেরা এই উপায়েই তাহাদের বিশুদ্ধ পানীয় জলের চাহিদা মিটাইয়া থাকে।

বড় বড় সহরে অত্যধিক লোকের বাসের জন্য অনেক জলের প্রয়োজন হয় এবং সেখানে বিশুদ্ধ পানীয় জল সরবরাহের জন্য অন্যপ্রকার ব্যবস্থা অবলম্বিত হয়। সেখানে কোন নিকটস্থ নদী হইতে পাম্পের সাহায্যে জল তুলিয়া পাশাপাশি অবস্থিত কতকগুলি উন্মুক্ত ইষ্টক-নির্মিত খাদে রাখা হয়। তাহার ভিতর লোহার জালির খাঁচায় করিয়া ফটকিরির বড় বড় টুকরা জলে ডুবাইয়া রাখা হয়। বালু, কাদা প্রভৃতি প্রলম্বিত অদ্রবণীয় দ্রব্যের কণাগুলিকে সহজে থিতাইয়া যাইতে ফটকিরি সাহায্য করে। এই খাদগুলির পাশেই কতকগুলি ইষ্টক-নির্মিত বড় বড় পরিস্রুতি-আধার বা চৌবাচ্চা থাকে। সেই চৌবাচ্চাগুলির মধ্যস্থল দিয়া পরিস্রুতি-আধারগুলির তলদেশে কয়েক ফুট উচ্চ মোটা বালি ও পাথরেব নুড়ি দেওয়া থাকে এবং তাহার উপর প্রথমে মোটা বালি ও তারপর সরু বালির স্তর রাখা হয়। পার্শ্ববর্তী উন্মুক্ত খাদসমূহ হইতে অপেক্ষাকৃত পরিষ্কার জল তাহাদের প্রাচীরের উপর

চিত্র নং—21

দিয়া উপ্‌চাইয়া ধীরে ধীরে এই পরিস্রুতি-আধারগুলিতে পড়ে এবং বালি ও পাথরের নুড়ির স্তরগুলি অতিক্রম করিয়া নিম্নে অবস্থিত নলে যায়। এইভাবে বালি ও পাথরের স্তরের ভিতর দিয়া যাওয়ার ফলে জল সম্পূর্ণরূপে পরিস্রুত হইয়া থাকে।

এই পরিস্রুতি-আধারগুলিতে জল সূর্যালোক ও বায়ুর সহিত সংস্পর্শে আসার ফলে তাহার অনেক বীজাণু নষ্ট হয় এবং বালির ভিতর আটকাইয়া থাকিয়া যায়। মাঝে মাঝে এই পরিস্রুতি আধারগুলি পরিষ্কার করিবার জন্য পুরাতন বালির আস্তরণ তুলিয়া ফেলিয়া নূতন বালির আস্তরণ দেওয়া হয়।

অতঃপর এই পরিস্রুত জলকে ক্লোরিণ গ্যাসদ্বারা, অথবা ক্লোরিণ ও অ্যামোনিয়া একত্রে ব্যবহার করিয়া অথবা ওজোন্ গ্যাসদ্বারা পরিপূর্ণভাবে বীজাণুমুক্ত করা হয়। তারপর পাম্পের সাহায্যে সেই জল একটি সু-উচ্চ জলাধারে তুলিয়া সংগ্রহ করা হয়। সেইখান হইতে সমস্ত সহরে জল সরবরাহ করা হয়। কোন কোন সহরে এই জলাধারগুলির ভিতর অতিবেগুণী (Ultraviolet) আলো উৎপাদন করিবার সরঞ্জাম থাকে এবং অল্পক্ষণের জন্য জলের ভিতর অতিবেগুণী রশ্মি সঞ্চারিত করিয়া জীবাণুসমূহ ধ্বংস করা হয়। অতিবেগুণী আলো প্রায় সমস্ত প্রকার রোগজীবাণুই এক মিনিটের ভিতর নষ্ট করিয়া ফেলে।

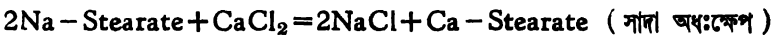
বাতান্বিত জল (Aerated Water) :—কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রাব্য এবং উচ্চ চাপে এই গ্যাস জলে বেশী পরিমাণে দ্রাবিত হয়। সোডা-ওয়াটার, লেমনেড প্রভৃতি পানীয় জলে পাম্পের সাহায্যে অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ করিয়া অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড বোতলের জলে দ্রবীভূত করিয়া বোতলের মুখ ছিপি দিয়া আটকাইয়া রাখা হয়। ছিপি খুলিয়া দিলে বোতলের ভিতরের চাপ কমিয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড বুদ্বুদের আকারে বাহির হয়। বিভিন্ন স্বাদের জন্য ভিন্ন ভিন্ন নামধেয় জলে ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ, যথা, সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, চিনি ও আদার রস প্রভৃতি জলের সহিত মিশাইয়া দেওয়া হয়। এইরূপ অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড-যুক্ত জলকে "বাতান্বিত জল" বলে। এই জলসমূহ হজমের পক্ষে বিশেষ উপযোগী।

খর জল ও মৃদু জল (Hard Water ও Soft Water) :—যে জল সাবানের সহিত ঘষিলে সহজে ফেনা দেয় না, তাহাকে **খর জল** বলে। যে জল সহজেই সাবানের সঙ্গে ফেনা দেয়, তাহাকে **মৃদু জল** বলে।

স্বাভাবিক জলে নানাপ্রকারের ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। তাহার ভিতর ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খর হইয়া থাকে। সাধারণতঃ খরজলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট

$[CaH_2(CO_3)_2$ এবং $MgH_2(CO_3)_2]$, ক্লোরাইড ($CaCl_2$ এবং $MgCl_2$) ও সলফেট ($CaSO_4$ এবং $MgSO_4$) দ্রবীভূত অবস্থায় পাওয়া যায়।

সাবানে পামিটিক, স্টিয়ারিক, ওলিক (Palmitic, Stearic ও Oleic) প্রভৃতি জৈব (organic) অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর দ্রবণীয় লবণ থাকে। সাবান জলে ঘষিলে ঐ সমস্ত লবণ জলে দ্রবীভূত হয় এবং তাহাতে জলের পৃষ্ঠটান (Surface tension) অনেক কমিয়া যায়। তাহাতেই সাবানের জলে বায়ুর বুদ্বুদগুলি (ফেনা) অনেকক্ষণ স্থায়ী হয়। সাবানের সঙ্গে খরজল মিশাইলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের দ্রবীভূত লবণের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং ফলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর জৈব অ্যাসিডগুলির অদ্রাব্য লবণ উৎপন্ন হয় এবং সাবানে আর সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জৈব লবণ থাকে না। সুতরাং ফেনার সৃষ্টি হইতে পারে না।

$$2Na-Stearate+CaCl_2=2NaCl+Ca-Stearate$$ (সাদা অধঃক্ষেপ)

এইভাবে যতক্ষণ না খরজলের সমস্ত ক্যালসিয়ামের ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ অপসারিত হয়, ততক্ষণ সাবান দ্বারা কাপড় পরিষ্কার করা যায় না। সেই কারণে খরজল ব্যবহারে কাপড় কাচার সময় অনেক সাবান অপব্যয়িত হয়।

অতএব সাবান অপব্যয় না করিয়া কাপড় পরিষ্কার করিবার জন্য মৃদুজল দরকার হয়, এবং যে প্রণালী দ্বারা খরজলের দ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ অপসারিত করা হয়, তাহাকে জলের **মৃদুকরণ** (Softening) বলা হয়।

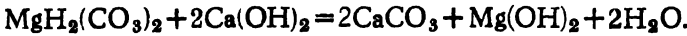
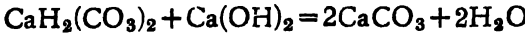
খরতার প্রকারভেদ:—জলের খরতা **অস্থায়ী** বা **স্থায়ী** দুই **প্রকারের** হইতে পারে। যখন জলে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, তখন জলে যে খরতা দেখা দেয়, তাহা **অস্থায়ী** (Temporary) খরতা, কারণ উক্ত প্রকার খরতা কেবলমাত্র জলকে ফুটাইলে বা অন্য কোন সহজ উপায়ে দূর করা যায়। কিন্তু জলে যখন ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বা সলফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিয়া খরতা উৎপাদন করে, সেই খরতাকে **স্থায়ী** (Permanent) খরতা বলে, কারণ এই খরতা জল ফুটাইয়া বা অন্য কোন সহজ উপায়ে দূর করা যায় না।

জলের খরতা অপসারণ ও মৃদুকরণ:—যখন কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে জল হইতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণগুলিকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণে পরিবর্তিত করিয়া অপসারিত

করা যায়, তখনই জল মৃদু অবস্থায় আসে। জলের অস্থায়ী খরতা নিম্নলিখিত দুইটি উপায়ে অপসারিত করা যায়। (১) অস্থায়ী খরজলকে ফুটাইলে উহাতে দ্রবীভূত অবস্থায় স্থিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট ভাঙ্গিয়া গিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। তাহার পর সেই জলকে কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রাখিয়া দিলে অদ্রাব্য কার্বনেটগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়। উপর হইতে পারিষ্কার জল তুলিয়া লইলে মৃদুজল পাওয়া যাইবে।

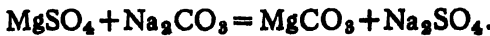
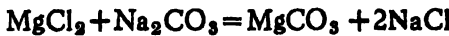
$$CaH_2(CO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$MgH_2(CO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2.$$

(১) **ক্লার্কের পদ্ধতি (Clarke's Process)** :—অস্থায়ী খরজলের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন, $Ca(OH)_2$, যোগ করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$CaH_2(CO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$MgH_2(CO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

এই উপায়ে খরতা দূর করিতে হইলে প্রথমে জলে কি পরিমাণ খরতা বিগুমান তাহা পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিয়া লইয়া প্রয়োজনমত চুন ব্যবহার করিতে হয়। তাহা না হইলে অধিক পরিমাণ চুন প্রয়োগ করার ফলে খরতা দূর না হইয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে, কারণ চুনের জলের দ্রাব্যতা আরও খানিকটা ক্যালসিয়াম-ঘটিত দ্রব্য জলে আনিয়া দিবে।

উপরে-লিখিত দুইটি উপায়ের একটিও জলের স্থায়ী খরতা দূর করিতে পারে না। স্থায়ী খরতা দূর করিতেও দুইটি উপায় অবলম্বন করা হয়।

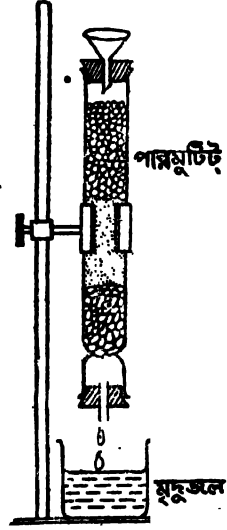
(১) **সোডার সাহায্যে** :—স্থায়ী খরজলের সহিত কাপড়-কাচা সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এইভাবে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণগুলি অপসারিত হইলে জল মৃদু অবস্থায় আসে।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4.$$

জলে কেবলমাত্র সোডিয়ামের লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, কিন্তু তাহার জন্য কোনপ্রকার খরতা জলে দেখা দেয় না। এখানে সোডিয়াম কার্বনেটও

যথেচ্ছা-পরিমাণ ব্যবহার করা যায়, কারণ তাহা বেশী হইলেও খরতায় কোন বৃদ্ধির সম্ভাবনা নাই।

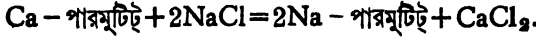
(২) **পারমুটিট্ পদ্ধতি (Permutit Process) :**—প্রকৃতিতে জিয়োলাইট (Zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ পাওয়া যায়। সেগুলি সাধারণ মৃত্তিকার মত এবং উহারা সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে উৎপন্ন। কৃত্রিম উপায়েও জিয়োলাইটের মত পদার্থ সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়ম সিলিকেট প্রস্তুত করা হইয়াছে। ইহার গুণাবলী খনিজ জিয়োলাইটের মত এবং ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে **পারমুটিট্** (Permutit)। জিয়োলাইট বা পারমুটিট্ উভয় দ্রব্যেই সোডিয়ামকে সরাইয়া সহজেই অন্য ধাতু তাহার স্থানে বসান যাইতে পারে। এইগুলির উপর নির্ভর করিয়াই ইহাকে জল মৃদু করণের জন্য ব্যবহার করা হইতেছে। একটি ইষ্টক বা লৌহনির্মিত উচ্চ ও গোলাকার প্রকোষ্ঠের ভিতর সোডিয়াম পারমুটিট্ রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে আস্তে আস্তে খরজল পড়িতে দেওয়া হয়। পারমুটিট্ স্তরের ভিতর দিয়া যাইবার সময় পারমুটিটের সোডিয়ামের স্থান ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম অধিকার করে এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম পারমুটিটের সৃষ্টি হয়। যে জল বাহির হইয়া আসে তাহাতে কোন ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের লবণ থাকে না। কেবল সোডিয়ামের লবণ দ্রাব্য অবস্থায় থাকে।

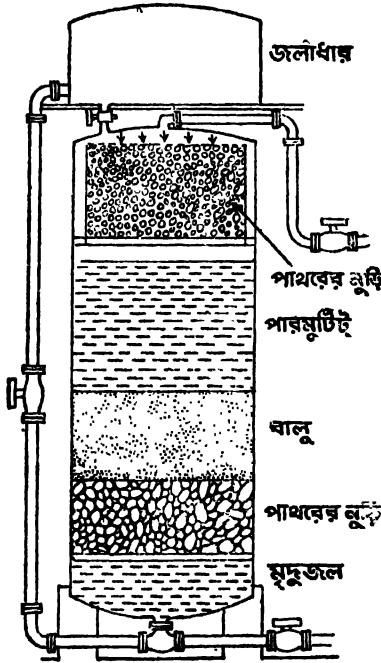
চিত্র নং—22

$$2Na\text{—পারমুটিট্} + CaSO_4 = Ca\text{—পারমুটিট্} + Na_2SO_4.$$

যেখানে বেশী পরিমাণে মৃদুজল প্রয়োজন হয় (যেমন রেলের ইঞ্জিনগুলিতে), সেখানে লোহার সুউচ্চ গোলাকার স্তম্ভ ব্যবহৃত হয় এবং তাহার উপর জলাধারে খরজল পাম্পের সাহায্যে তুলিয়া ঐ স্তম্ভস্থ পারমুটিট্ স্তরের উপর আস্তে আস্তে পড়িতে দেওয়া হয়। পারমুটিট্ স্তরের নীচে ও উপরে ঐ স্তম্ভের ভিতর মোটা বালু বা পাথরের নুড়ি দেওয়া থাকে (চিত্র নং 21 দেখ)।

কিছুদিন ব্যবহারের পর এই পারমুটিট্ হইতে সমস্ত সোডিয়াম অপসারিত

হওয়ার ফলে ইহার খরতা-দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়। তখন ইহার ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে লবণ-জল (brine with 10% NaCl) প্রবাহিত করা হয়। তাহাতে সোডিয়াম পারমুটিট্ পুনর্গঠিত হয়।

$$Ca - \text{পারমুটিট্} + 2NaCl = 2Na - \text{পারমুটিট্} + CaCl_2.$$

এখন যে জলটি বাহিরে আসে তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়।

চিত্র নং—23

এইরূপে পুনরুজ্জীবনের ফলে একই পারমুটিট্, বহুদিন ব্যবহার করা যায়। এই পারমুটিট্ পদ্ধতিতে উভয় প্রকার খরতাই দূরীভূত করা সম্ভব।

খরজলের ব্যবহারে কতকগুলি অসুবিধা আছে। সেই কারণেই উহা মৃদু করা প্রয়োজন। অসুবিধাগুলি : (1) কাপড় কাচিতে হইলে খরজলে সাবানের অপব্যয় হয়, কারণ অনেক পরিমাণ সাবান খরজলের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণের অপসারণেই লাগিয়া যায়। (2) খরজল ইঞ্জিনের পক্ষে অপকারী, কারণ ইহাতে ইঞ্জিনের বয়লারের (Boiler) গায়ে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ক্যালসিয়াম সলফেটের আস্তরণ পড়ে। ইহাকে "বয়লার-আঁশ" (Boiler scale) বলে। এই আস্তরণ বেশ পুরুভাবে পড়িলে বয়লারে জল 100° সেন্টিগ্রেড উত্তাপ দিলেও বাষ্পীভূত হয় না। আরও অনেক উত্তাপ দেওয়া প্রয়োজন হয়, কারণ বয়লারের তাপবাহিতা অনেক পরিমাণে কমিয়া যায়। তাহাতে কয়লাও বেশী পোড়ান দরকার হয় এবং বয়লারেরও ক্ষতি হয়। (3) খরজলে অনেক খাদ্যদ্রব্যও সহজে সিদ্ধ হয় না।

কিন্তু যে জল পানীয় হিসাবে ব্যবহৃত হইবে, তাহা খুব মৃদু হওয়া ভাল নহে,

কারণ সামান্য কিছু ক্যালসিয়ামের লবণ পানীয় জলকে সুস্বাদু করে এবং দেহগঠনে সাহায্য করে।

দ্রষ্টব্য ঃ—একপ্রকার জিয়োলাইটে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দেওয়া হয়; তাহাতে দ্রাবিত আয়রণ ও ম্যাঙ্গানিজের লবণ জারিত হয় এবং তাহারা জলযুক্ত অক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। আয়রণ ও ম্যাঙ্গানিজের লবণ জল হইতে এইভাবে অপসারিত না করিলে উক্ত জলে বস্ত্রাদি ধৌত করিলে কাপড়ে দাগ পড়িয়া কাপড়ের ক্ষতি সাধিত হয়।

বর্তমানে কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত কতকগুলি রেসিন (Resins) জাতীয় দ্রব্য জলে বর্তমান ধাতব (যথা, Na, Ca, Mg) এবং অধাতব (যেমন Cl, SO_4) মূলক অপসারিত করিতে ব্যবহৃত হইতেছে। প্রথমে এক প্রকারের রেসিনের উপর দিয়া জলকে পরিচালিত করিয়া ধাতবমূলক অপসারিত করা হয়। পরে আর এক শ্রেণীর রেসিনের উপর দিয়া উক্ত জলকে পুনরায় চালিত করিয়া অ্যাসিডমূলক অপসারিত করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন জল পাতিত জলের মতই বিশুদ্ধ হয়। ব্যবহারের পর প্রথম প্রকারের রেসিনের উপর দিয়া অ্যাসিড চালিত করিয়া এবং দ্বিতীয় প্রকারের রেসিনের উপর দিয়া ক্ষারের দ্রবণ চালনা করিয়া তাহাদের পুনরুজ্জীবিত করা হয়।

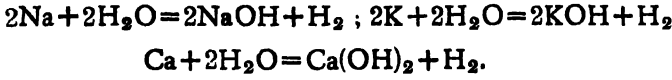
জলের ধর্ম ঃ—বিশুদ্ধ জল প্রস্তুতের প্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে। বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন, স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ইহা 76 সেন্টিমিটার পারদের চাপে 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটিয়া থাকে এবং 0° সেন্টিগ্রেডে বরফে পরিণত হয়। গভীর জলকে ফিকে নীল দেখায়। 4° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজনকে 1 গ্রাম বলিয়া ধরা হয় এবং তাই ইহাই ঘনত্বের একক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। জল একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থ এবং সকল উষ্ণতাতেই ইহা বাষ্পীভূত হইয়া থাকে। জলের তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবহনের ক্ষমতা (Conductivity for heat and electricity) খুবই কম।

জলের **দ্রাবণীশক্তি** (Solvent power of water) খুব বেশী। বহু কঠিন তরল এবং গ্যাসীয় পদার্থ ইহাতে অনায়াসে দ্রবীভূত হয়। কোন কোন স্থলে বস্তুর দ্রাবণের সময় তাপ উদ্ভূত হয়। উদাহরণস্বরূপ জলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, কঠিন কষ্টিক সোডা (NaOH) বা কষ্টিক পটাস (KOH) দ্রাবিত হইবার সময়ে যে তাপ উদ্ভূত হয়, তাহা সহজেই যে পাত্রে দ্রবণ প্রস্তুত হয় তাহার বাহিরে হাত দিলেই বুঝা যায়। আবার, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) এবং চিনি জলে দিলে তাহাদের দ্রবণ উৎপন্ন হইবার সময় জল শীতল হইয়া যায়, ইহাও পাত্রের গায়ে হাত দিলেই অনুভূত হয়।

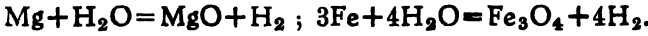
জলে যে গ্যাসীয় পদার্থ, যথা বায়ু, দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়। একটি বীকারে জল ভর্তি করিয়া তাহার ভিতর একটি ফানেল উল্টাইয়া ডুবাইয়া রাখা হইল। ফানেলের নলটি একেবারে তলায় থাকিবে। এক্ষণে একটি পরীক্ষানল জল-ভর্তি করিয়া বুড়া আঙ্গুল দিয়া তাহার মুখ বন্ধ করিয়া বীকারের জলের ভিতর উল্টাইয়া দেওয়া হইল। পরীক্ষানলটি ইহাতে জল-ভর্তিই থাকিল (১০৩ পৃষ্ঠায় চিত্র নং ২0 দেখ)। পরীক্ষানলটি তাহার পর ঐ অবস্থায় ফানেলের নলটির উপর বসাইয়া দেওয়া হইল। বীকারটি তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপদ্বারা জলকে উত্তপ্ত করা হইল। জল উত্তপ্ত হইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে, ক্রমশঃ পরীক্ষানলের ভিতর গ্যাসীয় পদার্থ জলকে অপসারিত করিয়া সংগৃহীত হইতেছে। পরে কিছুটা গ্যাসীয় পদার্থ পরীক্ষানলে সংগৃহীত হইলে পরীক্ষাদ্বারা তাহা বায়ু বলিয়া প্রমাণ করা যায়। অতএব জলে বায়ুও দ্রবীভূত হয়। জলে দ্রবীভূত বায়ু আছে বলিয়া জলজন্তুরা নিশ্বাস গ্রহণে তাহাদের অক্সিজেন পায় এবং জীবনধারণ করিতে সমর্থ হয়।

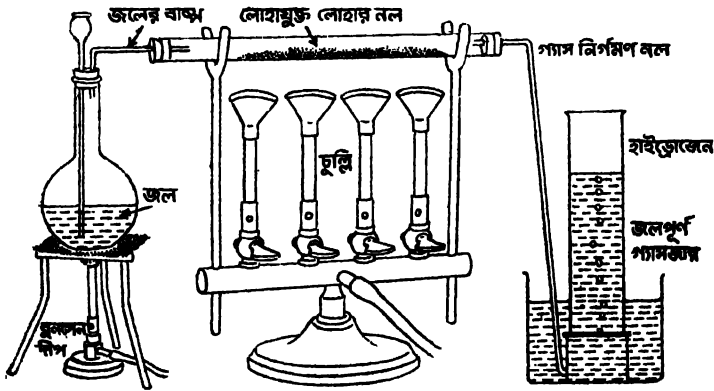
জল হাইড্রোজেনের অক্সাইড, কিন্তু ইহা প্রশম (neutral) অক্সাইড, অর্থাৎ নীল বা লাল লিটমাসের রং বদলানর ক্ষমতা ইহার নাই। কিন্তু ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা বিবিধ পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন ধাতুর সহিত ইহার রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া থাকে এবং তাহার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু তীব্রতার সঙ্গে ও ক্যালসিয়াম ধাতু ধীরে ধীরে জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং সেইজন্য সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয় তাহা সংগ্রহ করা অসুবিধাজনক। সোডিয়াম জলে দিলে তাহাকে জলের একস্থান হইতে অন্য স্থানে ছুটাছুটি করিতে দেখা যায় এবং হাইড্রোজেন যখন যেখানে সোডিয়াম থাকে সেই স্থান হইতে নির্গত হয়। পটাসিয়ামের বেলায় উদ্ভূত হাইড্রোজেনে সঙ্গে সঙ্গে আগুন ধরিয়া যায়। তাই সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় উদ্ভূত হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিতে হইলে সিসার নলে সামান্য সোডিয়াম পুরিয়া তাহা জলে ডুবাইয়া রাখা হয় অথবা সোডিয়াম-পারদ সঙ্কর (Sodium amalgam) জলে যোগ করা হয়। এবং উদ্ভূত হাইড্রোজেন গ্যাসজারে জল-অপসারণ-পদ্ধতি দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। ঐ হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজার কাচের ঢাকনা দিয়া বন্ধ করিয়া আনিয়া উপুড় করিয়া ধরিয়া ঢাকনা সরাইয়া জলন্ত পাকাটি গ্যাসজারের ভিতরে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া

হইলে গ্যাসজারের মুখে গ্যাস প্রায় অদৃশ্য নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিতে থাকিবে এবং পাকাটি নিভিয়া যাইবে।

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\ ;\ 2K+2H_2O=2KOH+H_2$$
$$Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2.$$

কতকগুলি ধাতু ফুটন্ত জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন দিয়া থাকে, যেমন অ্যালুমিনিয়ামচূর্ণ। $2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2.$

আবার, জলকে বাষ্পাকারে পরিণত করিয়া লোহিত-তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রণের উপর দিয়া চালনা করিলে জলের সহিত উল্লিখিত ধাতুদ্বয়ের রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg+H_2O=MgO+H_2\ ;\ 3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2.$$

একটি লোহার নলের ভিতর কিছুটা লোহাচুর রাখা হইল। তাহার পর তাহার দুইমুখে দুইটি কর্ক আঁটিয়া দেওয়া হইল। কর্ক দুইটির ভিতর দিয়া দুই সরু কাচের নল লাগান হইল। একটি নলের মুখ একটি ফুটন্ত জলের আধারের সহিত যুক্ত করা হইল এবং দ্বিতীয় নলের মুখ একটি গ্যাস-নির্গমন নলের সহিত লাগান হইল।

চিত্র নং—24

গ্যাস-নির্গমন নলটি একটি গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের তলায় ডুবাইয়া রাখা হইল। লোহার নলটিকে একটি গ্যাসচুল্লীর উপর বসাইয়া লোহিত-তপ্ত করা হইল এবং

100° সেন্টিগ্রেডে উদ্ভূত জলের বাষ্প নলের ভিতর দিয়া তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর চালনা করা হইল। কিছুক্ষণ পরে স্টিমদ্বারা বায়ু অপসারিত হইলে একটি গ্যাসজার জলভর্তি করিয়া গ্যাস-নির্গমন নলের খোলা মুখের উপর স্থাপন করা হইল এখানেও যথারীতি মধুকোষপীঠ ব্যবহার করা হয় এবং গ্যাসোদ্গমন নলের খোলামুখ মধুকোষপীঠের ভিতর প্রবেশ করানো থাকে। ক্রমে দেখা যাইবে যে, জল অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে গ্যাস জমিতেছে। পরীক্ষাদ্বারা দেখান যাইবে যে, গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

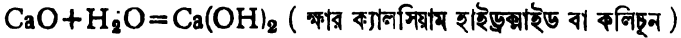
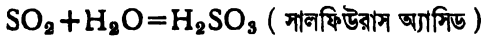
মার্কারী, সিলভার, কপার, গোল্ড, টিন, প্লাটিনাম এই ধাতুগুলির জলের সহিত কোন উষ্ণতাতেই কোন ক্রিয়া নাই।

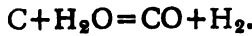
অনেক অধাতব এবং ধাতব অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং তাহাদের জলের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অ্যাসিড ও ক্ষারের উৎপত্তি হইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি উল্লেখ করা যাইতে পারে।

$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

$CO_2+H_2O=H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

$Na_2O+H_2O=2NaOH$ (ক্ষার কস্টিক সোডা)

$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$ (ক্ষার ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন)

শুভ্রতপ্ত কার্বন (1000° সেন্টিগ্রেড) জলের বাষ্প (100° সেন্টিগ্রেড) বিশ্লিষ্ট করে। ইহাতে যে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ (কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন) উদ্ভূত হয়, তাহাকে **জল-গ্যাস** (Water-gas) বলে।

$$C+H_2O=CO+H_2.$$

কেলাস-জল (Water of Crystallisation), **উদত্যাগ** (Efflorescence) ও **উদগ্রহ** (Deliquescence) :—অনেক সময় দেখা যায় যে, এক বা একাধিক জলের অণু অন্যান্য বিভিন্ন মৌল বা যৌগিক পদার্থের একটি অণুর সহিত যুক্ত হইয়াছে। যেমন $Cl_2, 10H_2O$; $CuSO_4, 5H_2O$; $ZnSO_4, 7H_2O$; $Na_2CO_3, 10H_2O$ প্রভৃতি। জল-সংযুক্ত পদার্থসমূহের এই প্রকার অণুকে "সোদক অণু" (hydrated molecule) বলে এবং জল-সংযুক্ত লবণ যাহা অধিকাংশ ক্ষেত্রেই স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায় তাহাকে "সোদক স্ফটিক" (crystallohydrate) বলে। এই প্রকারে সংযুক্ত জলকে কেলাস জল (Water of

crystallisation) বলা হয়। সোদক স্ফটিকের আকৃতি ও রং ইহাদের সহিত সংযুক্ত কেলাস-জলের উপর নির্ভর করে।

অনেক সোদক স্ফটিক বায়ুতে রাখিয়া দিলে তাহাদের কেলাস-জল উড়িয়া যায় এবং স্ফটিকের আকৃতি নষ্ট হইয়া গিয়া পদার্থটি চূর্ণে রূপান্তরিত হয়। প্রক্রিয়াটি **উদত্যাগ** নামে অভিহিত হয়। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়াম কার্বনেটের স্ফটিক যাহা অণুপিছু 10 অণু জল লইয়া স্ফটিকাকৃতি পাইয়া থাকে, তাহা বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে ধীরে ধীরে ইহার অণু হইতে 9 অণু জল উড়িয়া যায় এবং স্ফটিকাকৃতি চলিয়া গিয়া দ্রব্যটি গুঁড়া অবস্থায় পড়িয়া থাকে।

$$Na_2CO_3, 10H_2O = Na_2CO_3, H_2O + 9H_2O.$$

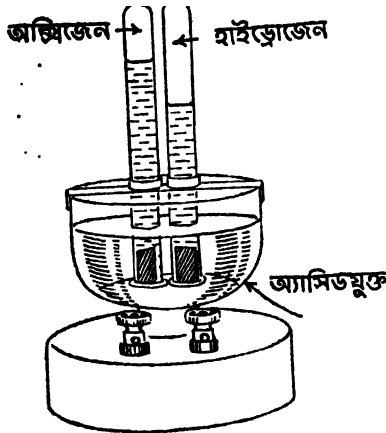
এই প্রকারের পদার্থকে **উদত্যাগী** (Efflorescent) পদার্থ বলে।

আবার, এমন অনেক পদার্থ আছে যাহা বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে বায়ু হইতে জল আকর্ষণ করিয়া লয় এবং ঐ আকর্ষিত জলে তাহারা দ্রবীভূত হয়। এই প্রক্রিয়াটিকে **উদগ্রহ** বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের কথা বলা যায়। সাধারণ লবণে এই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সামান্য পরিমাণে থাকার ফলে বর্ষাকালে লবণকে জলসিক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকারের পদার্থকে **উদগ্রাহী** (Deliquescent) পদার্থ বলে। আর জলীয় বাষ্প শোষণকারী পদার্থকে **জলাকর্ষী** (Hygroscopic) পদার্থ বলে। যেমন, ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড।

জলের সংযুতি :—যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির তৌলিক ও আয়তনিক অনুপাত নির্দিষ্ট হয়। এই অনুপাতকে যৌগিক পদার্থের সংযুতি বলে। নির্ধারিত সংযুতির সাহায্যে যৌগিক পদার্থের সংকেত স্থিরীকৃত হয়। সংযুতি স্থির করিতে হইলে যৌগিক পদার্থটি বিশ্লিষ্ট করিয়া উৎপন্ন উপাদানসমূহের পরিমাণ নির্ধারণ করিতে হয় অথবা তাহার উপাদানসমূহের রাসায়নিক মিলন ঘটাইয়া যে অনুপাতে উপাদানসমূহ ক্রিয়া করে তাহা স্থির করা হয়। প্রথমোক্ত পদ্ধতিকে **বৈশ্লেষিক** (Analytical) পদ্ধতি বলে এবং দ্বিতীয়োক্ত পদ্ধতিকে **সাংশ্লেষিক** (Synthetic) পদ্ধতি বলে।

জলের আয়তনিক সংযুতি :—(Volumetric Composition)

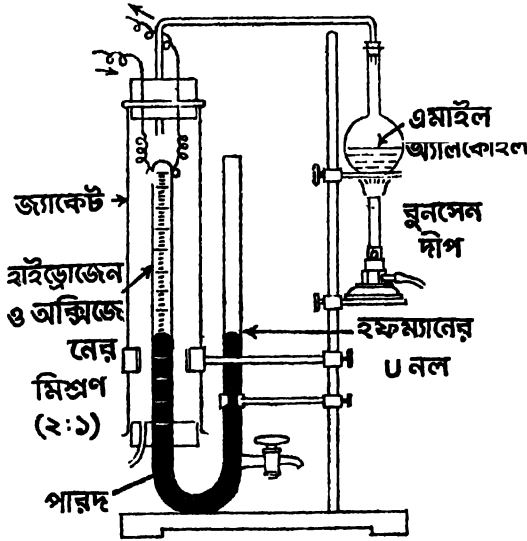
(i) **বৈশ্লেষিক (Analytical) পদ্ধতি :** জলের বিশ্লেষণ ঘটাইতে হইলে

কিছুটা জল একটি কাচের পাত্রে লইয়া তাহাতে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। কাচের পাত্রটির তলদেশ দিয়া কাচ গলাইয়া দুইটি সরু কাচের নল লাগান হয়। ঐ কাচের নলের ভিতর দিয়া দুইটি প্লাটিনামের তার প্রবেশ করান থাকে এবং নল দুইটির মুখ কাচ গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। পরে পাত্রের মধ্যস্থ তার দুইটির সঙ্গে দুইটি প্লাটিনামের পাত লাগান হয়। প্লাটিনামের পাত দুইটি সম্পূর্ণরূপে অ্যাসিডযুক্ত জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। তাহার পর দুইটি অংশাঙ্কিত এক মুখবন্ধ কাচের নলে অ্যাসিডযুক্ত জল পূর্ণ করিয়া নল-দুইটি প্লাটিনাম পাতের

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

চিত্র নং—25

উপর উপুড় করিয়া বসান হয়। বহিঃস্থ প্লাটিনামের তার দুইটিকে একটি তড়িৎ-কোষের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করা হয়। দুইটি অংশাঙ্কিত নলে জল অপসারিত করিয়া গ্যাস জমিতে থাকে। কিছুটা গ্যাস জমা হইলে ব্যাটারির সহিত সংযোগ খুলিয়া দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করা হয়। তখন দেখা যায় যে, যে-পথে তড়িৎ অ্যাসিডযুক্ত জলের ভিতর প্রবেশ করিয়াছিল (ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত প্লাটিনাম পাতের উপর) সেখানে যে পরিমাণ গ্যাস জমা হইয়াছে তাহা, যে-পথে তড়িৎ অ্যাসিডযুক্ত জল হইতে বাহির হইতেছিল (ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত প্লাটিনাম পাতের উপর) সেখানে সংগৃহীত গ্যাসের পরিমাণের অর্ধেক। ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত প্লাটিনামের পাতকে অ্যানোড (Anode) বলা হয় এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত প্লাটিনামের পাতকে ক্যাথোড (Cathode) বলে। অতএব অ্যানোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তনিক পরিমাণ $=\frac{1}{2}\times$ ক্যাথোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তনিক পরিমাণ। এক্ষণে অ্যানোডের উপর যে গ্যাস জমা হয় তাহা আভাযুক্ত জলন্ত পাকাটিকে উজ্জ্বলভাবে জ্বালাইয়া দেয়। অতএব উক্ত গ্যাসটি অক্সিজেন। আর ক্যাথোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসটিতে জলন্তটি পাকা

দিলে গ্যাসটি ফিকে নীলবর্ণের শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। অতএব উক্ত গ্যাসটি হাইড্রোজেন। অতএব এইভাবে জল বিশ্লেষণ করিয়া প্রমাণ করা হয় যে, **জলে এক আয়তন অক্সিজেন ও দুই আয়তন হাইড্রোজেন রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত আছে।**

(ii) সাংশ্লেষিক (Synthetic) পদ্ধতি:—হফ্‌ম্যানের পদ্ধতি:— একটি U-আকৃতি বিশিষ্ট কাচের নল লইয়া পরীক্ষা করা হয়। ঐ কাচের নলের এক মুখ বন্ধ এবং উক্ত বন্ধদিকের নল অংশাঙ্কিত থাকে। উক্ত বন্ধনলের একেবারে উপরে দুইটি প্লাটিনামের তার কাচ গলাইয়া লাগান হইয়া থাকে। এই প্লাটিনামের তারের সাহায্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দেওয়া হইয়া থাকে। নলটির খোলামুখের নীচের দিকে স্টপ-কক্ (Stop-cock)-যুক্ত একটি নির্গম-নল লাগান থাকে। প্রথমে সমস্ত U-নলটি পারদভর্তি করা হয়। তাহার পর অ্যাসিডযুক্ত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উদ্ভূত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন (আয়তনিক অনুপাত 2 : 1) গাঢ় সলফিউরিক

জলের আয়তনিক সংযুক্তি

চিত্র নং—26

অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করিয়া নলের পারদ অপসারণ দ্বারা অংশাঙ্কিত বন্ধ নলটিতে কিছুটা লওয়া হয়। তখন খোলা নলের নিম্নে অবস্থিত স্টপ-কক্ খুলিয়া দিয়া পারদ

অপসারিত করা হয়। তাহার পর ঐ বদ্ধনলের চারিপাশে কঞ্চুকের মত একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচনল লাগান হয়। এই বাহিরের মোটা নলের ভিতর দিয়া অ্যামাইল অ্যালকোহলের (Amyl alcohol) বাষ্প (132° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা) সঞ্চালিত করা হয়। যখন উষ্ণতা সমতাপ্রাপ্ত হয়, তখন U-নলের দুই বাহুতে পারদের উচ্চতা একই তলে আনা হয় এবং বদ্ধবাহুতে অবস্থিত গ্যাসের আয়তন ঠিকভাবে দেখিয়া লওয়া হয়। তাহার পর কিছুটা পারদ স্টপ-কক্ খুলিয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয়। তাহা না করিলে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দিলে যন্ত্রটি ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। তাহার পর যন্ত্রটির খোলামুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠের সাহায্যে বন্ধ করিয়া প্লাটিনামের তার দুইটি আবেশ-কুণ্ডলীর (Induction coil) সহিত সংযুক্ত করিয়া একটিমাত্র তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দিলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন বিস্ফোরণ সহকারে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। ঐ জল বাষ্পাকারে থাকে, কারণ নলের উত্তাপ 132° সেন্টিগ্রেড। তাহার পর U-নলের দুইদিকে পারদের উচ্চতা একই স্তরে আনিয়া এই জলীয় বাষ্পের আয়তন দেখিয়া লওয়া হয়। দেখা যায় যে, জলীয় বাষ্পের আয়তন পূর্বোক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ ($\frac{2}{3}$)।

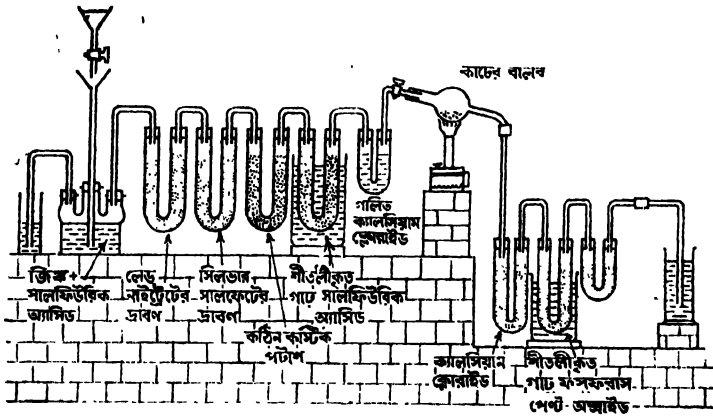
অতঃপর অ্যামাইল অ্যালকোহলের পাত্রের সহিত সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া U-নলটিকে ঠাণ্ডা করিতে দেওয়া হয়। নলটি যতই ঠাণ্ডা হয় ততই দেখা যায় যে, ক্রমশঃ বাষ্পের আয়তন কমিতেছে এবং যখন নলটি পরিপূর্ণরূপে ঠাণ্ডা হয় তখন দেখা যায় যে, বদ্ধ অংশটি একেবারে পারদে পরিপূর্ণ হইয়াছে এবং কোন গ্যাস অবশিষ্ট নাই। অতএব যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লওয়া লইয়াছিল তাহা সমস্তই জল উৎপাদন করিতে ব্যবহৃত হইয়াছে।

এই পরীক্ষা হইতে জানা গেল যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

জলের ওজন-সংযুতি (Composition by weight): ডুমার পরীক্ষা (Dumas' Experiment):—জলের ওজন-সংযুতি স্থির করার জন্য নানাপ্রকার পরীক্ষা হইয়াছে। তাহার ভিতর ডুমার পরীক্ষাই সমধিক প্রসিদ্ধ। নিম্নে তাহার বর্ণনা দেওয়া হইল।

ডুমা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের (CuO) উপর দিয়া

পরিচালনা করিয়া উহাকে জলে পরিণত করেন এবং তখন কিউপ্রিক অক্সাইড ধাতব কপারে পরিণত হয়। উৎপন্ন জলের ওজন এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজনের হ্রাস হইতে কি পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করিয়াছে তাহা সহজেই জানা যায়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$.

একটি উল্‌ফের বোতলে জিঙ্ক ও সলফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। কিন্তু উক্ত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ নয়। সেই কারণে প্রথমে তাহাকে বিশুদ্ধ করা হয়। এই বিশুদ্ধীকরণের জন্য উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসকে পরপর কতকগুলি U-নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়। প্রথম U-নলটিতে লেড নাইট্রেটের দ্রবণ [$Pb(NO_3)_2$], দ্বিতীয় U-নলে সিলভার সলফেটের দ্রবণ (Ag_2SO_4), তৃতীয়টিতে কঠিন কষ্টিক পটাস এবং চতুর্থটিতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া থাকে। হাইড্রোজেনের অশুদ্ধি এবং আর্দ্রতা এই সকল পদার্থের দ্বারা দূরীভূত হয়। পরে ঐ হাইড্রোজেন একটি ফসফোরাস পেণ্টঅক্সাইড (P_2O_5) পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক করা হয়। তাহার পর ঐ হাইড্রোজেন গ্যাস একটি কাচের বাল্‌বে (bulb) প্রবেশ করান হয়। ঐ কাচের

চিত্র নং—27

বালবটির ভিতর শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড কিছুটা লইয়া হাইড্রোজেনের নলের সহিত যুক্ত করিবার পূর্বে ওজন করা হয়। এই কাচের বালবের অপরদিক গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ দুই-তিনটি U-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই সংযোগ স্থাপনের পূর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলি ওজন করা হয়।

যন্ত্রটি ঠিকমত সাজাইয়া কিছুক্ষণের জন্য বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন চালনা করিয়া যন্ত্রের মধ্যস্থ বায়ু অপসারিত করা হয়। তাহার পর বালবটিকে বুনসেন দীপ সাহায্যে লোহিত-তপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন কিছুক্ষণের জন্য পরিচালনা করা হয়। হাইড্রোজেন উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিজারিত (reduce) করিয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয়। ঐ জল গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত U-নলে শোষিত হয়।

তাহার পর বুনসেন দীপ সরাইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া বালবটিকে শীতল হইতে দেওয়া হয়। পরে ইহাকে দুইদিক হইতে খুলিয়া লইয়া ওজন করা হয়। গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলিকেও পুনরায় ওজন করা হয়। এই ওজনগুলি হইতে জলের ওজন-সংযুতি নিম্নলিখিতভাবে হিসাব করা হয়।

মনে কর পরীক্ষার পূর্বে বালব ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= x$ গ্রাম

" পরে " " " ও কপারের " $= y$ গ্রাম

∴ জল-উৎপাদনে যে অক্সিজেন প্রয়োজন হইয়াছে তাহার ওজন $= (x - y)$ গ্রাম।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলির প্রাথমিক ওজন $= m$ গ্রাম

" " পরবর্তী ওজন $= n$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন জলের ওজন $= (n - m)$ গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের [যাহা ঐ $(n - m)$ গ্রাম জল উৎপন্ন করিতে লাগিয়াছে] ওজন

= জলের ওজন − অক্সিজেনের ওজন

$= [(n - m) - (x - y)]$ গ্রাম

অতএব, $(x - y)$ গ্রাম অক্সিজেনের ও $[(n - m) - (x - y)]$ গ্রাম হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সংযোগের ফলে $(n - m)$ গ্রাম জল উৎপন্ন হয়।

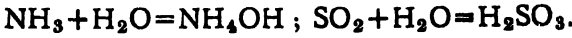
অতি সাবধানে পরীক্ষাটি করিয়া গণনায় দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $= 1 : 7\text{·}98$।

জলের দ্রাবকতা (Water as a solvent) :—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে জলের দ্রবণ-ক্ষমতা অপরিসীম। যে সমস্ত দ্রব্য আপাতঃদৃষ্টিতে জলে অদ্রাব্য বলিয়া মনে হয়, যেমন বেরিয়াম সলফেট বা সিলভার ক্লোরাইড, তাহাও খুব সামান্য পরিমাণে হইলেও জলে দ্রবীভূত হয়, পরীক্ষাদ্বারা ইহা স্থিরীকৃত হইয়াছে।

জলে দ্রবীভূত পদার্থসমূহকে জল হইতে পৃথক্ করিতে হইলে নানা উপায়

অবলম্বিত হইয়া থাকে। সে সমস্ত উপায়ের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে (32—37 এবং 58 পৃঃ দেখ)। জলের বাষ্পীভবন, পাতন, স্ফটিকীকরণ এবং আংশিক পাতন প্রভৃতি দ্বারা দ্রবীভূত কঠিন বা তরল পদার্থ অপসারিত করা হইয়া থাকে। আংশিক পাতন ক্রিয়া দ্বারা জলে দ্রবীভূত মিথাইল অ্যালকোহলকে (Methyl alcohol) পৃথক্ করা যায়। ঈথার (স্ফুটনাঙ্ক 35° সেঃ) ও বেনজিন (স্ফুটনাঙ্ক 80° সেঃ) মিশ্রিত হইয়া থাকিলে আংশিক পাতন দ্বারা তাহাদিগকে পৃথক্ করা হইয়া থাকে।

জলে অনেক প্রকার গ্যাসীয় পদার্থও দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। জলে বায়ু যে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, তাহা পূর্বেই পরীক্ষা দ্বারা দেখান হইয়াছে (103 পৃঃ দেখ)। অন্যান্য অনেক গ্যাসীয় পদার্থই দ্রাব্য। কিন্তু কোন কোন স্থলে গ্যাসীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া জলের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। যেমন, অ্যামোনিয়া, সলফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি।

$$NH_3+H_2O=NH_4OH \; ; \; SO_2+H_2O=H_2SO_3.$$

জলের দ্রাবকতা খুব বেশী হইলেও ইহাতে পেট্রোলিয়াম ও তজ্জাত পদার্থ পেট্রোল বা কেরোসিন তৈল (খনিজ তৈল, mineral oil) দ্রবীভূত হয় না। উদ্ভিজ্জ তৈলও (Vegetable oil), যথা, সরিষার তৈল ও নারিকেল তৈল, জলে দ্রবীভূত হয় না। এই সকল পদার্থ দ্রবীভূত করিতে হইলে জৈব দ্রাবক (Organic solvent), যথা, বেনজিন্, অ্যাসিটোন, ঈথার প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। রঞ্জক এবং উজ্জ্বলতা-সম্পাদক জৈব পদার্থগুলি দ্রবীভূত করিতে তারপিন তৈল, লিনসিড (তিসির) তৈল প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়।

জলের দ্রবণগুলিকে তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়, যথা, **সংপৃক্ত** (saturated), **অসংপৃক্ত** (unsaturated) এবং **অতিপৃক্ত** (supersaturated)। একটি বীকারে কিছুটা জল লইয়া উহাতে সোরার (nitre, KNO_3) চূর্ণ একটু একটু করিয়া যোগ করিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম প্রথম দেওয়া মাত্রই সোরার গুঁড়া সম্পূর্ণরূপে গলিয়া যাইতেছে। তাহার পর আরও সোরাচূর্ণ দিলে তাহা ধীরে ধীরে গলিতে থাকে এবং পরে এমন একটি অবস্থা আসে যখন কাচের দণ্ড দিয়া বেশ করিয়া নাড়িয়া দিলেও আর সোরা গলে না এবং বীকারের নীচে কঠিন সোরা জমা হইয়া থাকে। এই অবস্থায় যে দ্রবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **সংপৃক্ত** (saturated) দ্রবণ বলে। এখন যদি বীকারটিকে একটি তার-জালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা যায়, তবে দেখা যাইবে যে, বীকারের নীচের সোরাও

দ্রবীভূত হইতেছে। উষ্ণতা বাড়াইয়া আরও সোরা যোগ করিলে তাহাও দ্রবীভূত হয়। তখন যে দ্রবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **অসংপৃক্ত** (unsaturated) দ্রবণ বলে। এই পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে, ঘরের উষ্ণতায় যে দ্রবণ সংপৃক্ত, উচ্চ উষ্ণতায় তাহা অসংপৃক্ত অবস্থায় আসে। সেইজন্য সংপৃক্ত দ্রবণ বলিতে হইলে কোন্ উষ্ণতায় তাহা সংপৃক্ত সেকথা বলিতে হয়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জল নির্দিষ্ট পরিমাণ পদার্থ দ্বারা সংপৃক্ত হয়। তাই সংপৃক্ত দ্রবণ বলিতে আমরা বুঝি কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব (solute) গ্রহণ করিয়াছে ; যখন উক্ত সর্বাধিক পরিমাণ হইতে দ্রাব কম থাকে, তখনই দ্রবণ অসংপৃক্ত হয়। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রবণে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব অপেক্ষাও বেশী পরিমাণ দ্রাব বর্তমান থাকে, তখন তাহাকে **অতিপৃক্ত** (supersaturated) দ্রবণ বলে। উদাহরণ স্বরূপ সোডিয়াম থায়োসলফেটের ($Na_2S_2O_3, 5H_2O$) কথা বলা যাইতে পারে। একটি ফ্লাস্কে কয়েকটি সোডিয়াম থায়োসলফেটের স্ফটিক লওয়া হইল এবং উত্তাপ দ্বারা তাহাদের গলান হইল। এখন যে তরল পদার্থ পাওয়া গেল তাহা সোডিয়াম থায়োসলফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ। সোডিয়াম থায়োসলফেট তাহার নিজের কেলাস-জলে গলিয়া এই দ্রবণ উৎপন্ন করিয়াছে। ঠাণ্ডা করিয়া ফ্লাস্কের মুখে কর্ক আঁটিয়া রাখিয়া দিলে উক্ত দ্রবণ হইতে কোন কঠিন পদার্থ কেলাসিত হয় না। সংপৃক্ততার পরীক্ষা করিতে হইলে দ্রবণে যে পদার্থ দ্রবীভূত আছে তাহার এক টুকরা যোগ করা হয়। যদি টুকরাটি দ্রবীভূত না হয়, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, দ্রবণটি সংপৃক্ত। আর যদি টুকরাটি দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণের সহিত মিশিয়া যায়, তাহা হইলে দ্রবণটি অসংপৃক্ত বলিয়া বুঝিতে হইবে।

আর সোডিয়াম থায়োসলফেটের যে অতিপৃক্ত দ্রবণের কথা পূর্বে বলা হইয়াছে —তাহাতে খুব ছোট একটি সোডিয়াম থায়োসলফেটের কেলাস যোগ করিলে তৎক্ষণাৎ সমস্ত দ্রবণ সোডিয়াম থায়োসলফেটের কেলাসে রূপান্তরিত হয় এবং সেই সময় ফ্লাস্কটি গরম হইয়া উঠে। অতিপৃক্ত দ্রবণ অতিশয় দুঃস্থিত (unstable) অবস্থায় থাকে। উহাতে ধূলা-বালি পড়িলে বা অতিপৃক্ত দ্রবণের পাত্রকে নাড়া দিলে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবণ হইতে কঠিন অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। সোডিয়াম সলফাইটের ($Na_2SO_3, 7H_2O$) এবং সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ($CH_3COONa, 3H_2O$) অতিপৃক্ত দ্রবণ পূর্বে উল্লিখিত উপায়ে প্রস্তুত করা যায়।

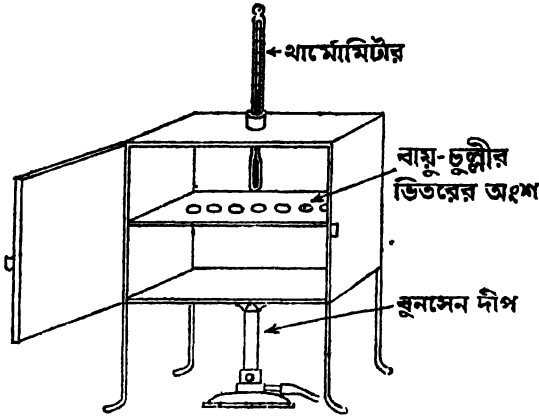
সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ ঘরের উষ্ণতায় প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে ঘরের উষ্ণতা হইতে কিছু উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত কিছুটা জল একটি বীকারে লইয়া তাহাতে সোরা ফেলিয়া দিয়া কাচের দণ্ডের দ্বারা নাড়া দেওয়া হয়। যতক্ষণ না কিছুটা সোরা বীকারের তলায় পড়িয়া থাকে, ততক্ষণ এইভাবে সোরা যোগ করা হয়। পরে উক্ত দ্রবণকে ঘরের উষ্ণতায় শীতল করা হয়। তাহার পর অদ্রবীভূত সোরাকে ছাঁকিয়া ফেলা হয়। পরিস্রুৎটি ঘরের উষ্ণতায় সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ হইবে।

পূর্বে কেলাস-প্রস্তুত প্রণালীতে অসংপৃক্ত দ্রবণকে কিভাবে উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া সংপৃক্ত করা হয় এবং পরে শীতল করিয়া তাহা হইতে কেলাস পাওয়া যায় তাহার কথা বলা হইয়াছে। উক্ত কেলাসন কেন হয় তাহা এখন বুঝা যাইবে। যে দ্রবণ উচ্চ উষ্ণতায় সংপৃক্ত, শীতল করিলে নিম্ন উষ্ণতায় তাহা অতিপৃক্ত হইয়া থাকে এবং তখন যে পরিমাণ দ্রব্য সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে লাগে তাহার অধিকটুকু কঠিন কেলাসরূপে দ্রবণের তলায় জমা হয়।

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলকে সংপৃক্ত দ্রবণে পরিবর্তিত করিতে যে পরিমাণ কোন দ্রাব গ্রাম-হিসাবে প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণকে উক্ত পদার্থের **দ্রাব্যতা** (solubility) বলে। যেমন 60° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা 110 গ্রাম; ইহার দ্বারা আমরা বুঝি যে, 60° উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 110 গ্রাম সোরা দ্রবীভূত করিলে উক্ত উষ্ণতায় সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যাইবে। বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা বিভিন্ন এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় একই পদার্থের দ্রাব্যতা বিভিন্ন।

কোন পদার্থের দ্রাব্যতা, যেমন, সোরার দ্রাব্যতা, নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়।

একটি বীকারে সামান্য পাতিত জল লওয়া হয়। তাহাতে ক্রমাগত সোরার গুঁড়া যোগ করা হয়, যতক্ষণ না কঠিন সোরা বীকারের তলায় জমিয়া থাকে। তাহার পর বীকারটিকে তার-জালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। ক্রমশঃ কঠিন সোরার দানাগুলি দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। তাহার পর বীকারটি তার-জালি হইতে নামাইয়া রাখা হয় এবং যতক্ষণ ঘরের উষ্ণতায় দ্রবণটি না পৌঁছায় ততক্ষণ অপেক্ষা করা হয়। ঘরের উষ্ণতায় দ্রবণটি আসিলে দেখা যাইবে যে, কিছুটা কঠিন সোরা বীকারের তলদেশে জমা হইয়াছে। তখন আমরা বুঝিতে পারি যে, ঘরের উষ্ণতায় সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হইয়াছে।

এক্ষণে একটি পাতলা কাচের শুষ্ক খর্পর (basin) ওজন করিয়া লওয়া হইল। তাহার ভিতর ঐ সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিয়া

বায়ু চুল্লী

চিত্র নং—২৪

কিছুটা উক্ত খর্পরে লওয়া হইল। দ্রবণ-সহ খর্পরটি আবার ওজন করা হইল। দুই ওজনের পার্থক্যই দ্রবণের ওজন। তাহার পর দ্রবণ-সহ খর্পরটি একটি জলগাহের (waterbath) উপর রাখিয়া দ্রবণকে ধীরে ধীরে শুষ্ক করা হইল। তখন জল বাষ্পে পরিণত হইয়া উড়িয়া যায় এবং সোরা খর্পরে পড়িয়া থাকে। এক্ষণে সোরা-সহ খর্পরটিকে বায়ু-চুল্লীতে (air-oven) শুষ্ক করা হয় এবং তৎপরে শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করা হয়। শীতলীকৃত খর্পরটিকে ওজন করা হয়। এইভাবে বায়ু-চুল্লীতে গরম করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন করা কয়েকবার চলিলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, খর্পরের ওজন একস্থানে স্থির হয়। এই ওজন হইতে খর্পরের ওজন বাদ দিলে সোরার ওজন পাওয়া যাইবে।

গণনা ঃ—মনে কর, খর্পরের ওজন $=W_1$ গ্রাম, খর্পর ও দ্রবণের ওজন $=W_2$ গ্রাম, এবং খর্পর ও শুষ্ক সোরার শেষ ওজন $=W_3$ গ্রাম। অতএব সোরার ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম এবং দ্রবণে জলের ওজন $=(W_2-W_3)$ গ্রাম।

$\therefore$ (W_2-W_3) গ্রাম জলে ঘরের উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে (W_3-W_1) গ্রাম সোরা লাগে।

∴ 100 গ্রাম জলে ঘরের উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে $\frac{100 \times (W_3 - W_1)}{(W_2 - W_3)}$ গ্রাম সোরা লাগিবে।

অতএব, ঘরের উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা $= \frac{100 \times (W_3 - W_1)}{(W_2 - W_3)}$.

বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয়ঃ—যে কোন পদার্থের বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়।

কয়েকটি কাচের খর্পর শুষ্ক করিয়া 1, 2, 3 প্রভৃতি নম্বর লাগাইয়া ওজন করা হইল। একটি বীকারে সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ ঘরের উষ্ণতায় প্রস্তুত করা হইল। একটি থার্মোমিটার এমনভাবে একটি জলগাহের ভিতর রাখা হইল যে, তাহার কুণ্ডটি জলের ভিতর ডুবিয়া থাকে। বীকারটিকে সোরার দ্রবণসহ জলগাহের জলের ভিতর এমনভাবে রাখা হইল যে, দ্রবণটি সমস্ত জলগাহের জলের ভিতর থাকে এবং বীকারের মুখ জলের উপর থাকে। জলগাহকে বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল এবং বীকারের দ্রবণে সোরা যোগ করিয়া যাওয়া হইল যতক্ষণ না থার্মোমিটারে 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা দেখা দেয় এবং সেই উষ্ণতায় কিছুটা সোরা কাচের দণ্ড দ্বারা দ্রবণকে বিশেষ ভাবে আলোড়িত করার পরও পড়িয়া থাকে। তাহার পর বুনসেন দীপ সরাইয়া লওয়া হয়। যখন থার্মোমিটারে 90° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা দেখা যায় তখন পিপেট (pipette) দ্বারা 25 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ তুলিয়া আনিয়া 1নং চিহ্নিত খর্পরে রাখা হয়। এইরূপে যখন বীকারে দ্রবণ 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°, 20° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আসে তখন প্রত্যেকবার পিপেটের সাহায্যে 25 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ তুলিয়া আনিয়া যথাক্রমে 2নং, 3নং, 4নং, 5নং, 6নং, 7নং এবং 8নং খর্পরে রাখা হয়। এখন প্রত্যেক খর্পরটি ঘরের উষ্ণতায় আসিলে তাহাদের ওজন লওয়া হয়। পরে একে একে খর্পরগুলিকে ফুটন্ত জলপূর্ণ জলগাহের উপর রাখিয়া দ্রবণের জলকে সম্পূর্ণভাবে বাষ্পীভূত করিয়া তাড়ান হয়। তৎপরে বায়ুচুল্লীতে পূর্বের মত শুষ্ক করিয়া খর্পরগুলি শোষকাধারে শীতল করিয়া একে একে ওজন করা হয়। পর্যায়ক্রমে গরম করা, শীতল করা ও ওজন করা প্রক্রিয়াগুলি সম্পন্ন করিয়া পূর্বের বর্ণিত উপায়ে বিভিন্ন উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা হিসাব করিয়া বাহির করা হয়।

ঘরের উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা নির্ণয় করিতে হইলে বরফযুক্ত

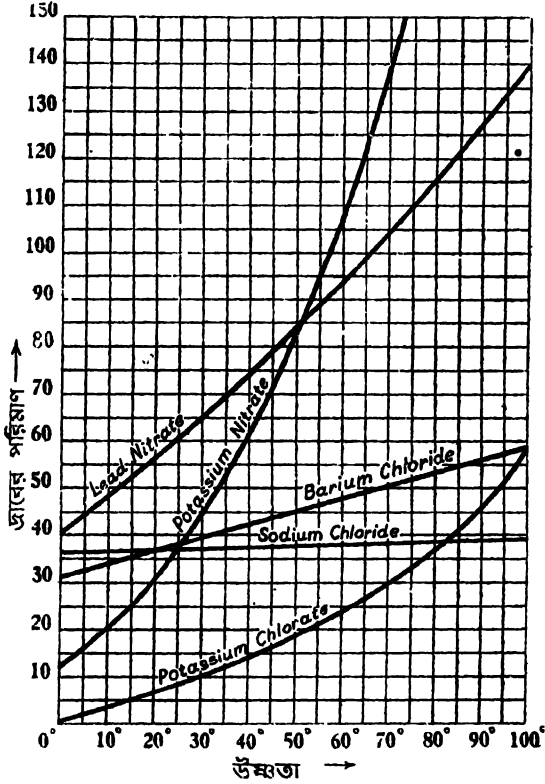
জলে সোরার দ্রবণটি রাখিয়া বরফজলের উষ্ণতা থার্মোমিটার দ্বারা দেখা হয় এবং বীকারের দ্রবণ কাচের দণ্ডদ্বারা বিশেষভাবে আলোড়িত করা হয়। যখন থার্মোমিটারে 10° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা দেখা যায় তখন পূর্বের মত 25 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ পিপেট সাহায্যে তুলিয়া একটি ওজন-করা খর্পরে লওয়া হয় এবং পূর্বের মত সেই উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা নির্ণয় করা হয়।

দ্রাব্যতা-ছক (**Solubility Curve**):—এইভাবে বিভিন্ন উষ্ণতায় কোন পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ণয় করিয়া ছক-কাগজে তাহা দেখান হয়। অনুভূমিক রেখায় উষ্ণতা এবং লম্ব রেখায় দ্রাব্যতা প্রকাশ করিয়া ছক টানা হয়। ছক টানিতে হইলে কোন এক উষ্ণতায় কোন এক দ্রাব্যতা একটি বিন্দুদ্বারা প্রকাশ করা হয়। এইরূপে অনেকগুলি বিন্দু পাওয়া যায় এবং পরে ঐ বিন্দুগুলিকে যোগ করিলে একটি দ্রাব্যতা-ছক পাওয়া যায়।

দ্রাব্যতা-ছক (পৃঃ ১২৭, চিত্র নং 29) হইতে সহজেই কোন পদার্থের কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাব্যতা ঠিকভাবে জানিয়া লওয়া যায়। ছক হইতে আমরা বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতার তুলনা করিতে পারি। কয়েকটি কঠিন পদার্থের দ্রবণ একত্র মিশাইয়া দ্রবণের জলকে আংশিকভাবে বাষ্পীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কোন্ কঠিন পদার্থটি আগে দ্রবণ হইতে পৃথক হইবে তাহা ছক হইতে বলিয়া দেওয়া যায়।

ছক হইতে আমরা দেখিতে পাই যে, সোরার দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে খুব দ্রুত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। সাধারণ লবণের (Sodium chloride, NaCl) দ্রাব্যতা উষ্ণতা-বৃদ্ধিতে বিশেষ বৃদ্ধি পায় না এবং প্রায় একভাবেই থাকে। ক্যালসিয়ামের জৈব অ্যাসিডের লবণ এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমিয়া যায়।

তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা:—জলের গ্যাসীয় পদার্থ (যেমন, বায়ু, ক্লোরিন, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি) দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উত্তাপ দ্বারা জল হইতে দ্রবীভূত বায়ু নিষ্কাশিত করিয়া সংগ্রহ করার প্রণালী পূর্বে বর্ণিত হইয়াছে (103 পৃঃ)। ঐ পরীক্ষা হইতে আমরা বুঝিতে পারি যে, দ্রাবকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে, তাহাতে গ্যাসের দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। গ্যাসের দ্রাব্যতা সম্বন্ধে এই ধর্মটি কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতার ধর্মের বিপরীত, কারণ আমরা পূর্বের অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি যে, দ্রাবকের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই অধিক পরিমাণ কঠিন দ্রব্য দ্রবীভূত হয়।

আবার, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে গ্যাসটি বেশী পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। পূর্বেই বাতান্বিত জলের কথা উল্লেখ করা হইয়াছে (১০৬

দ্রাব্যতা-ছক

চিত্র নং—29

পৃঃ)। সেখানে উচ্চচাপে অনেক বেশী পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত অবস্থায় বোতলে ছিপি আটকাইয়া রাখা হয়। ছিপি খুলিলেই চাপ কমিয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড অতি অধিক পরিমাণে আর দ্রবীভূত থাকিতে পারে না। তাই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্বুদের আকারে উচ্ছলিত হইয়া বাহির হইয়া আসে।

দ্রাব্যের উপস্থিতিতে দ্রাবকের হিমাঙ্ক (Freezing point) পরিবর্তন ঃ—জলে বা অন্য কোন তরল দ্রাবকে কোন পদার্থ, কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়,

দ্রবীভূত থাকিলে, জল বা সেই তরলের হিমাঙ্ক পরিবর্তিত হয় এবং যে উষ্ণতায় বিশুদ্ধ তরল দ্রব্যটি কঠিনে রূপান্তরিত হয়, সে উষ্ণতা অপেক্ষা নিম্ন উষ্ণতায় দ্রাবিত পদার্থের উপস্থিতিতে উহা কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

যেমন, বিশুদ্ধ জল 0° সেন্টিগ্রেডে বরফে পরিণত হয়। কিন্তু যখন কোন পদার্থ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তখন আর উহা 0° সেন্টিগ্রেডে বরফে পরিণত হয় না এবং তদপেক্ষা কম উষ্ণতায় (যেমন—0·125° সেন্টিগ্রেড অথবা —0·225° সেন্টিগ্রেড যাহা দ্রাবিত পদার্থের পরিমাণের উপর নির্ভর করে) বরফে পরিণত হয়। অতএব সাধারণতঃ বলা হয় যে, দ্রাবিত পদার্থের পরিমাণের উপর নির্ভর করিয়া দ্রাবকের হিমাঙ্ক কমিয়া যায়। এই ঘটনাকে **হিমাঙ্কের অবনমন** (Lowering of freezing point) বলে।

যখন এক গ্রাম-অণু চিনি, ইউরিয়া অথবা অনুরূপ জৈব দ্রব্য 1000 গ্রাম জলে দ্রাবিত করা হয়, তখন দেখা যায় যে প্রত্যেক ক্ষেত্রেই জলের হিমাঙ্ক —1·86° সেন্টিগ্রেড হইয়াছে। কিন্তু অ্যাসিড, ক্ষার অথবা লবণ জাতীয় দ্রব্যের অনুরূপ জলীয় দ্রবণের হিমাঙ্কের অবনমন আরও বেশী হয়।

দ্রাব্যের উপস্থিতিতে দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্ক (Boiling point) পরিবর্তন : —জলে বা অন্য কোন তরলে কোন পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল বা সেই তরলের স্ফুটনাঙ্ক পরিবর্তিত হয়। ইহা সহজ পরীক্ষাদ্বারা দেখান যাইতে পারে। পাতন-ফ্লাস্কে জল লইয়া যথারীতি পাতন-ক্রিয়া সম্পাদন করিয়া থার্মোমিটার তাহার বাষ্পের ভিতর রাখিয়া জলের স্ফুটনাঙ্ক স্থির করা হইল। এক্ষণে সেই গরম জলে পাতন-ফ্লাস্কের মুখের কর্ক খুলিয়া কিছুটা চিনি যোগ করা হইল এবং থার্মোমিটারের কুণ্ড জলের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হইল। তাহার পর থার্মোমিটার সমেত কর্কটি লাগাইয়া পুনরায় জল ফুটাইয়া পাতন-ক্রিয়া সম্পাদন করা হইল। এখন থার্মোমিটারে জলের উষ্ণতা দেখিলে দেখা যাইবে যে, বাষ্পের উষ্ণতা অপেক্ষা জলের উষ্ণতা বেশী। পরে আরও চিনি যোগ করিলে ফুটিবার সময় জলের উষ্ণতা আরও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে দেখা যাইবে।

ইহা হইতে বেশ বুঝা যায় যে, দ্রাব্যের সংযোগ ঘটিলে দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং দ্রাব্যের পরিমাণ-বৃদ্ধির সহিত দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। এই ঘটনাকে **স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন** (Elevation of boiling point) বলে।

এস্থলেও যখন এক গ্রাম অণু চিনি অথবা ইউরিয়া বা উক্ত প্রকার কোন জৈব যৌগ 1000 গ্রাম জলে দ্রাবিত করা হয়, তখন দেখা যায় যে প্রত্যেক ক্ষেত্রেই জলের স্ফুটনাঙ্ক 105·2° সেণ্টিগ্রেড হইয়াছে। কিন্তু অ্যাসিড, ক্ষার অথবা লবণ জাতীয় দ্রব্যের অনুরূপ জলীয় দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক আরও বেশী হয়।

কলয়েড (Colloid) ঃ—বৈজ্ঞানিক গ্রাহাম প্রথম এই কথাটি কতকগুলি দ্রব্যের প্রকৃতিগত ব্যবহারের উপর নির্ভর করিয়া তাহাদের উপর প্রয়োগ করেন। তিনি একটি বেলজারের এক মুখ পার্চমেণ্ট কাগজ (Parchment paper) বাঁধিয়া বন্ধ করেন এবং সেই পার্চমেণ্ট কাগজ-যুক্ত মুখটি অন্য একটি বড় জলপূর্ণ পাত্রে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখেন। বেলজারের অপর মুখটি জলের উপর রাখিয়া তাহার মধ্যে এক একবার এক একটি অনিয়তাকার (amorphous) দ্রব্যের ও স্ফটিক জাতীয় (crystalline) দ্রব্যের জলের দ্রবণ রাখেন। তিনি তাঁহার পরীক্ষায় শিরিষ (glue), শ্বেতসার (starch), আঠা (gum) প্রভৃতি অনিয়তাকার দ্রব্য এবং সাধারণ লবণ ($NaCl$), পটাসিয়াম সলফেট (K_2SO_4), পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) প্রভৃতি স্ফটিকাকৃতি-বিশিষ্ট পদার্থ ব্যবহার করেন। তাহাতে তিনি দেখিতে পান যে, পার্চমেণ্ট কাগজের ভিতর দিয়া স্ফটিকের দ্রবণ অতি দ্রুত বর্হিভাগে অবস্থিত জলে চলিয়া আসে, কিন্তু অনিয়তাকার দ্রব্যের দ্রবণ অতি ধীরে ধীরে বাহিরে আসে। গ্রাহাম প্রথমোক্ত দ্রব্যগুলিকে **কলয়েড** (Colloid) এবং দ্বিতীয় প্রকারের দ্রব্যগুলিকে **স্ফটিক** (Crystalloid) নাম দেন। যে সমস্ত কলয়েডের দ্রব জলের মত দেখিতে গ্রাহাম তাহাদের **সল** (Sol) নাম দেন এবং যাহা জেলির মত অবস্থায় থাকে তাহাদের **জেল** (Gel) নামে অভিহিত করেন।

যদিও গ্রাহামের সময় ঐ প্রকার শ্রেণীবিভাগ তিনি করিয়াছিলেন, পরে পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, স্ফটিক ও কলয়েড বলিয়া দুই বিভিন্ন প্রকারের পদার্থ নাই। ঐ দুইটি একই জাতীয় পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা মাত্র। সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিলে উহা স্ফটিকের ন্যায় ব্যবহার করে, কিন্তু উহাকে বেনজিনে (Benzene) দ্রবীভূত করিলে তখন উহার ব্যবহার কলয়েডের মত হয়। এই প্রকার বিভিন্ন ব্যবহারের কারণ অনুসন্ধান করিলে দেখা যায় যে, কলয়েডের দ্রবণে অবস্থিত কণাগুলি স্ফটিকের দ্রবণেস্থিত কণাগুলি অপেক্ষা বড়।

কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের পার্থক্য (Difference between colloidal solution and true solution) :—আমরা দ্রবণ বলিতে দ্রাবক ও দ্রাব্যের সমসত্ত্ব মিশ্রণ বুঝিয়া থাকি। চিনি বা লবণের জলে যে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়, তাহাতে চিনি বা লবণের অণুর সহিত জলের অণুর কোন রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। কিন্তু জলে দ্রবীভূত হইবার সময় চিনি বা লবণের কণাসমূহ (particles) ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্রাদপি ক্ষুদ্র হইতে থাকে এবং ওতঃপ্রোতভাবে জলের সহিত মিশিয়া যায়। সেই কারণে এই দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাব্যের বাহ্যতঃ কোন প্রভেদ বুঝা যায় না এবং মিশ্রণটি সমসত্ত্ব-বিশিষ্ট হয়। এই ক্ষুদ্রাদপি ক্ষুদ্র কণাগুলি চিনি বা লবণের অণু এবং ইহাদের ব্যাস 10^{-8} সেন্টিমিটার বা অনুরূপ মাত্রার। যখন কোন পদার্থ দ্রাবকের সহিত মিশ্রণের ফলে ভাঙ্গিয়া 10^{-8} সেন্টিমিটার বা তাহার গুণিতক (2×10^{-8} সেঃ, 3×10^{-8} সেঃ বা 5×10^{-8} সেঃ) ব্যাসের কণায় পরিণত হয় তখনই উহা দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়াছে বলা হয়।

কোন অদ্রাব্য পদার্থ কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রিত করিয়া দ্রাবককে কিছুক্ষণ স্থিরভাবে থাকিতে দিলে, উহা থিতাইয়া পাত্রের তলায় জমা হয়। কিন্তু অদ্রাব্য পদার্থটি যখন খুব ছোট কণার আকারে থাকে যাহাদের ব্যাস 10^{-4} সেন্টিমিটারের চেয়ে কম, তখন উহা থিতাইয়া পাত্রের নীচে জমা হয় না। দ্রাবকের ভিতর উহারা ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায় এবং প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। কণাগুলি খালি চোখে বা সাধারণ অণুবীক্ষণে দেখিতে পাওয়া যায় না। তাহাতে মনে হয় পদার্থটি দ্রবীভূত অবস্থায় আসিয়াছে। কিন্তু অলট্রা-মাইক্রোস্কোপ (Ultra-microscope) নামক বিশেষ অণুবীক্ষণের সাহায্যে তাহাদিগকে দেখা যায় এবং তাহাদের সততঃ সঞ্চরমাণ অবস্থা সহজেই বুঝিতে পারা যায়। (যখন কোন দ্রাবকে অপর কোন পদার্থের সূক্ষ্ম কণা এইভাবে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে, এবং যথার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় আসে না এবং দুইটি পদার্থই, দ্রাবক ও প্রলম্বিত পদার্থ, পৃথকভাবে বর্তমান থাকিয়া অসমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে, তখন সেই মিশ্রণকে **কলয়েড** বলে। এই কণাগুলির ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি 10^{-5} হইতে 10^{-7} সেন্টিমিটার।) যে-কোন পদার্থ এইরূপ সূক্ষ্ম কণার আকার প্রাপ্ত হইয়া কোন মাধ্যমে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিলেই, উহার কলয়েড অবস্থা বলা হয়। ইহা হইতে প্রকৃত দ্রবণ ও কলয়েড দ্রবণের পার্থক্য বুঝা যাইতেছে।

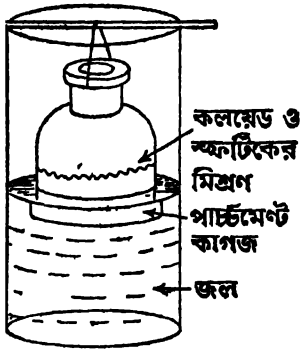
কলয়েডের সাধারণ দৃষ্টান্ত :—বর্ষাকালে নদীর ঘোলা জলে ভাসমান

কাদামাটি (clay particles) কলয়েড অবস্থায় জলে কাদামাটির অবস্থান ; বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা কলয়েড অবস্থায় বায়ুতে ধূলিকণার অবস্থান ; কুয়াশা ওতঃপ্রোতভাবে মিশ্রিত কলয়েড অবস্থায় জলকণার অবস্থান।

কলয়েডের প্রস্তুত-প্রণালী :—একটি ছোট বীকারে সামান্য (1 গ্রাম পরিমাণ) বার্লি লইয়া তাহাতে সামান্য একটু জল দিয়া মাড়িয়া লইয়া অন্য একটি বড় বীকারে 100 ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ ফুটন্ত জলে আস্তে আস্তে যোগ করা হইল। তাহার পর ঐ জল পুনরায় একমিনিট ফুটাইয়া নামান হইল। এইভাবে বার্লিতে বর্তমান স্টার্চের কলয়েডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ইহাকে কলয়েডের **সল** বলা হয়।

আবার, একটি বীকারে একটু বেশী বার্লি লইয়া (এক চামচ পরিমাণ) তাহাতে দশ বা পনর ঘন সেন্টিমিটার জল দিয়া বেশ করিয়া মাড়িয়া বীকারটিকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। তাপের ফলে জল ও বার্লির মিশ্রণটি আঠার মত ঘন হইয়া যায়। বীকারটিকে তারজালি হইতে নামাইয়া ঠাণ্ডা করিলে মিশ্রণটি থকথকে জেলির মত অবস্থায় আসে। ইহাও বার্লিস্থিত স্টার্চের কলয়েডীয় দ্রবণ, কিন্তু ইহাকে কলয়েডের **জেল** বলা হয়। ইহা ছাড়াও একটি তরলে অদ্রাব্য অন্য তরল পদার্থ প্রলম্বিত সূক্ষ্ম অবস্থায় থাকিতে দেখা যায়। যেমন দুধে স্নেহজাতীয় পদার্থসমূহ (fats) প্রলম্বিত সূক্ষ্ম অবস্থায় থাকে। জলের সহিত সরিষার তৈল মিশাইয়া ঝাঁকাইলে একটি ঘোলাটে মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ইহাতে তৈলের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা জলের সহিত মিশিয়া থাকে এবং তৈলের কণা সহজে পৃথক হইয়া যায় না। তাই দুধ ও এই তৈল-জলের মিশ্রণ উভয়েই কলয়েড দ্রবণ। কিন্তু এই প্রকারের কলয়েডীয় দ্রবণের একটি নাম দেওয়া হইয়াছে, যথা **ইমলসয়েড** (Emulsoid)।

কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণ পৃথকীকরণ :—ঝিল্লি-বিশ্লেষণ (Dialysis) দ্বারা কলয়েড দ্রাব্য সাধারণ দ্রাব্য (লবণ, চিনি প্রভৃতি পদার্থ) হইতে পৃথক করা যায়। এই ঝিল্লি-বিশ্লেষণ করিতে হইলে পার্চমেণ্ট কাগজ, প্রাণীদেহের ব্লাডার, কলডিয়নের (Collodion) পর্দা প্রভৃতির প্রয়োজন হয়, কারণ ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া কলয়েড দ্রাব্যের কণা সহজেই চলিয়া যায়।

একটি বোতল মাঝামাঝি কাচ-কাটা যন্ত্রদ্বারা কাটিয়া লওয়া হয় এবং কাটা তলটি মসৃণ করা হয়। তাহার মসৃণ করা মুখের দিকে পার্চমেণ্ট কাগজ সটান করিয়া এরূপভাবে বাঁধিয়া দেওয়া হয় যে, তাহা জল-নিরোধী (Water-tight) অবস্থায় থাকে। ইহার ছোট মুখটিতে একটি তার বাঁধিয়া তাহার সাহায্যে ইহাকে ঝুলাইয়া দেওয়া হয় এবং ইহার নিম্নাংশ অন্য একটি বড় পাত্রে অবস্থিত জলের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর পার্চমেণ্ট-বাঁধা পাত্রটিতে বার্লির দ্রবণ ও কিছুটা পটাসিয়াম আয়ো-ডাইডের (KI) দ্রবণ (প্রকৃত দ্রবণ) লওয়া হইল। একটি পরীক্ষানলে বার্লির দ্রবণের সহিত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ একটু মিশাইয়া লইয়া একটু ক্লোরিণের দ্রবণ মিশান হইল। দেখা যাইবে যে, পরীক্ষানলের দ্রবণের রং নীল হইল। কিছুক্ষণ পরে বাহিরের বড় পাত্রে অবস্থিত জল কিছুটা পরীক্ষানলে লইয়া তাহাতে ক্লোরিণের দ্রবণ দিলে দেখা যাইবে যে, জলে কোন নীল রং আসিল না কিন্তু জলের রং হলদে হইল। এখন ঐ জলে একটু বার্লির মিশ্রণ দিলে নীল রং দেখা দেয়। ইহাতে বুঝা যায় যে, পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ পার্চমেণ্টের ভিতর দিয়া বাহিরের জলে গিয়াছে কিন্তু বার্লির দ্রবণ যাইতে পারে নাই। অতএব বার্লির মিশ্রণ হইতে পটাসিয়াম আয়োডাইড এইভাবে পৃথক করা যায়।

চিত্র নং—30

ফেরিক হাইড্রক্সাইডের কলয়েডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে এই ঝিল্লী-বিশ্লেষণের ব্যবহার হইয়া থাকে। একটি বীকারে ফুটন্ত জল লইয়া তাহাতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেরিক ক্লোরাইডের ($FeCl_3$) দ্রবণ যোগ করা হইল। যে ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হইল তাহা কলয়েড অবস্থায় জলে বর্তমান থাকে এবং তাহার সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশিয়া থাকে।

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl.$$

এক্ষণে উক্ত কলয়েডীয় ফেরিক হাইড্রক্সাইড, জল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সমেত ঝিল্লী-বিশ্লেষকে (Dialyser) দিয়া ঝিল্লী-বিশ্লেষণ করা হইল। হাইড্রো-

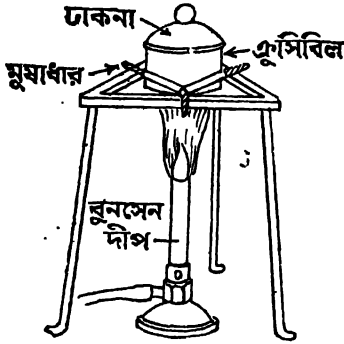
ক্লোরিক অ্যাসিড বাহিরের জলে চলিয়া যায় এবং ফেরিক হাইড্রক্সাইড-এর সল (sol) ঝিল্লী-বিশ্লেষকে পড়িয়া থাকে।

এক্ষণে আর একটি বিষয় বলিয়া এই কলয়েড বিষয়ে বক্তব্য শেষ করিব। উপরে লিখিত উপায়ে যে ফেরিক হাইড্রক্সাইড-এর সল পাওয়া গেল, তাহা একটি পাত্রে লইয়া লবণ যোগ করিলে দেখা যায় যে, ধীরে ধীরে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের কণাগুলি কঠিন অবস্থায় পৃথক হইয়া যাইতেছে এবং ক্রমশঃ পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হইতেছে।

এই পরীক্ষা হইতে জানা গেল যে, লবণের সংস্পর্শে আসিলে কলয়েডের সূক্ষ্ম দানাগুলি একত্রিত হইয়া ক্রমশঃ বড় দানায় পরিবর্তিত হয় এবং তখন তাহা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

কেলাস-জল (Water of Crystallisation) :—কতকগুলি কঠিন পদার্থ তাহাদের জলের দ্রবণ হইতে কেলাসনের সময় কিছুটা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া কঠিন অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। কঠিন পদার্থের এক একটি অণু এক বা ততোধিক জলের অণুর সহিত সংযুক্ত থাকে। এই জলের সহিত সংযোগের ফলেই স্ফটিকের বিশেষ আকৃতি ও বর্ণ হইয়া থাকে। তাপ-সংযোগে এই সংযুক্ত জল স্ফটিক হইতে বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে স্ফটিকের আকার নষ্ট হইয়া উহা গুঁড়ায় পরিবর্তিত হয় এবং রং থাকিলে রংও চলিয়া যায়। এই প্রকারে সংযুক্ত জলকে **কেলাস-জল** বলে। কেলাস-জলযুক্ত স্ফটিককে **সোদক স্ফটিক** (Crystallohydrate) বলা হয়। উদাহরণ স্বরূপ কপার সলফেট ($CuSO_4$, $5H_2O$), ফেরাস সলফেট ($FeSO_4$, $7H_2O$), বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$, $2H_2O$) প্রভৃতির উল্লেখ করা যাইতে পারে।

কপার সলফেট নীলবর্ণের স্ফটিক। কিন্তু 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার 5 অণু কেলাস-জল হইতে 4 অণু জলই বাষ্পাকারে চলিয়া যায়। 230° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কেলাস-জলের শেষ অণুও চলিয়া যায় এবং সাদা রং-এর গুঁড়া পাওয়া যায়। এই সাদা রং-এর গুঁড়া অনার্দ্র (anhydrous) কপার সলফেটের। এই সাদা রংএর গুঁড়ার সহিত এক ফোঁটা জল মিশাইলে আবার নীল রংএর গুঁড়া দেখা দেয়। সেইজন্য এই সাদা রংএর গুঁড়া (অনার্দ্র কপার সলফেট) অন্য কোন জৈব তরলে, যথা, অ্যালকোহলে জলের উপস্থিতি প্রমাণ করিতে ব্যবহৃত হয়।

কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয় :—বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$, $2H_2O$) এবং অ্যালমে [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করিলেই অন্যান্য স্ফটিকে কিভাবে কেলাস-জল নির্ণয় করা হয় তাহা বুঝা যাইবে।

চিত্র নং—31

(ক) বেরিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস-জল নির্ণয় করিতে প্রথমে একটি ঢাকনাসহ পরিষ্কার পোর্সিলেন মুচি মুষাধারের (clay-pipe triangle) উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা আধঘণ্টা ধরিয়া খুব উত্তপ্ত করা হইল। তাহার পর তাহাকে শোষকাধারে (Desiccator) শীতল করিয়া ওজন লওয়া হইল। এইভাবে গরম করা, শোষকাধারে শীতল করা এবং ওজন লওয়া কয়েকবার করিয়া পোর্সিলেন মুচির দুইটি পরপর ওজন সমান হইলে তাহা লিখিয়া রাখা হইল। তাহার পর উক্ত মুচিতে 1 হইতে 2 গ্রাম বিশুদ্ধ বেরিয়াম ক্লোরাইডের গুঁড়া লইয়া পুনরায় মুচিটি ওজন করা হইল। দুই ওজনের পার্থক্যই বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন। বেরিয়াম ক্লোরাইড-সহ মুচিটিকে ঢাকনা সামান্য খোলা অবস্থায় মুষাধারের উপর রাখিয়া সাবধানে উত্তপ্ত করা হইল। প্রায় আধ ঘণ্টা উত্তপ্ত হওয়ার পর মুচিটিকে নামাইয়া শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন করা হইল। পুনরায় পূর্বের মত মুচিটিকে প্রায় পনর মিনিট উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে শীতল করিয়া, ওজন করা হইল। এইভাবে বার কয়েক উত্তপ্ত করা, শোষকাধারে শীতল করা এবং ওজন করা হইলে মুচিটির ওজন অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইড-সহ স্থিরাঙ্কে আসিবে। সেই ওজন লিখিয়া লওয়া হইল। পূর্বের সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইড সমেত পোর্সিলেন মুচির ওজন হইতে এখনকার

অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইড সমেত মুচির ওজন বাদ দিলে কেলাস-জলের ওজন পাওয়া যাইবে।

মনে কর, মুচি ও ঢাকনার স্থিরীকৃত ওজন $= w_1$ গ্রাম

মুচি + ঢাকনা + কেলাস-জলসমেত বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= w_2$ গ্রাম

মুচি + ঢাকনা + অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= w_3$ গ্রাম

$\therefore$ কেলাস-জলসহ বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

এবং কেলাস-জলের ওজন $= (w_2 - w_3)$ গ্রাম

$\therefore$ 100 গ্রাম কেলাস-জলসহ বেরিয়াম ক্লোরাইডে

$$\frac{100 \times (w_2 - w_3)}{w_2 - w_1}$$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

ভালভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, বেরিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিকে কেলাস-জলের পরিমাণ $= 14{\cdot}75\%$।

(খ) অ্যালমের কেলাস-জল স্থির করিতে হইলে বেরিয়াম ক্লোরাইডের মত উত্তাপ দিয়া জল বাষ্পীভূত করিয়া তাড়ান সম্ভব নয়, কারণ ঐভাবে উত্তাপ দিলে অ্যালম ভাঙ্গিয়া যায় এবং অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয়। তাই নিম্নলিখিত উপায়ে তাহার কেলাস-জল নির্ণীত হয়।

এক জোড়া পরিষ্কার ঘড়ির কাচ ক্লিপ (Clip) দ্বারা জোরে আটকাইয়া ওজন করা হয়। পরে ক্লিপ সরাইয়া কিছু বিশুদ্ধ অ্যালমের গুঁড়া নীচের কাচে রাখিয়া উপরের কাচ ঢাকা দিয়া ক্লিপ পুনরায় আটকান হয় এবং পুনরায় ওজন লওয়া হয়। এই দুই ওজনের পার্থক্য হইতে অ্যালমের ওজন পাওয়া যায়। তাহার পর ক্লিপ খুলিয়া উপরের কাচটি একটু সরাইয়া অ্যালম-সমেত কাচ দুইটি একটি বায়ু-চুল্লীতে রাখা হয়। বায়ু-চুল্লীটি একটি বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া তাহার উষ্ণতা 110°—120° সেন্টিগ্রেডের ভিতর আনা হইল। বুনসেন দীপ এমন অবস্থায় রাখা হইল, যাহাতে থার্মোমিটারে উষ্ণতা উক্ত 110°—120° সেন্টিগ্রেড দেখা যায়। এইভাবে অ্যালম-সহ কাচ দুইটি প্রায় 1 ঘণ্টা রাখা হইল। তাহার পর ক্লিপসমেত কাচ দুইটিকে শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করিয়া ওজন করা হইল। এইভাবে বায়ু-চুল্লীতে গরম করা, শোষকাধারে শীতল করা ও পরে ওজন লওয়া কয়েক বার করিয়া অনার্দ্র অ্যালম-সহ কাচ দুইটির ওজন স্থিরাঙ্কে আনয়ন করা হইল।

মনে কর ক্লিপসহ কাচ দুইটির ওজন $= w_1$ গ্রাম

ক্লিপসহ কাচ দুইটি + অ্যালমের স্ফটিকের গুঁড়া $= w_2$ গ্রাম

ক্লিপসহ কাচ দুইটি + অনার্দ্র অ্যালমের গুঁড়া $= w_3$ গ্রাম

$\therefore$ অ্যালমের স্ফটিকের গুঁড়ার ওজন $= (w_3 - w_1)$ গ্রাম

কেলাস-জলের ওজন $= (w_2 - w_3)$ গ্রাম।

$\therefore$ $(w_2 - w_1)$ গ্রাম অ্যালমের স্ফটিকে $(w_2 - w_3)$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

$\therefore$ 100 গ্রাম অ্যালমের স্ফটিকে $\dfrac{100 \times (w_2 - w_3)}{(w_2 - w_1)}$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

Questions

1. Upon what the classification of natural water depends? What method is followed for the preparation of a small amount of purest water?

১। প্রাকৃতিক জলের বিভিন্ন বিভাগ কিসের উপর নির্ভর করিয়া করা হয়? সামান্য পরিমাণ বিশুদ্ধতম জল প্রস্তুত করিতে হইলে কি উপায় অবলম্বিত হয়?

2. Describe the purification of water for supplying to a big town.

২। বড় সহরে বিশুদ্ধ পানীয় জল সরবরাহের প্রণালী বর্ণনা কর।

3. Which variety of natural water is pure? What are the salts present in solution in sea-water? What is the percentage of common salt in sea-water?

৩। প্রাকৃতিক জলের ভিতর কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা শুদ্ধ? সমুদ্রের জলে কোন্ কোন্ পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় আছে? খাড়লবণের পরিমাণ তাহাতে কত?

4. Name certain metals, which react chemically with water at ordinary temperature. State, with equations, the reactions occurring in each case. Does iron react with water?

৪। কতকগুলি ধাতুর নাম কর, যাহারা সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। কি প্রকারের ক্রিয়া হয় তাহা উল্লেখ কর ও সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াটি প্রকাশ কর। লৌহ জলের সহিত ক্রিয়া করে কি?

5. How to know whether a liquid is water or not? What changes occur when a small quantity of water is added to quick lime? If there be any chemical action, express it by equation.

৫। কোন তরল পদার্থকে জল বলিয়া চিনিবার উপায় কি? পাথুরে চুণের উপর সামান্য পরিমাণ জল দিলে কি কি পরিবর্তন দেখিতে পাওয়া যায়, তাহা বর্ণনা কর। যদি কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হয়, তবে তাহা সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর।

6. What is water of crystallisation? Give a few examples of salts with water of crystallisation.

When 1·5 grams of hydrated calcium chloride was heated, 0·76 gram of anhydrous calcium chloride was left behind. What is the percentage of water of crystallisation in hydrated calcium chloride?

৬। কেলাসোদক কাহাকে বলে? সোদক কেলাসের কয়েকটি উদাহরণ দাও। ১·৫ গ্রাম সোদক কেলাসিত ক্লোরাইড উত্তপ্ত করার পর ০·৭৬ গ্রাম অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া থাকিল। সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা জলের পরিমাণ কত?

7. Define efflorescence and deliquescence. Give a few examples of both efflorescent and deliquescent substances. Explain, with examples, the meaning of the term "hygroscopic substance."

৭। উদত্যাগ ও উদগ্রহণ কাহাকে বলে? উদত্যাগী ও উদগ্রাহী কয়েকটি দ্রব্যের নাম কর। জলাকর্ষী পদার্থ কাহাকে বলে উদাহরণ সহকারে বুঝাইয়া দাও।

8. What is meant by hard water? What are the disadvantages in using hard water for different purposes?

৮। খরজল কাহাকে বলে? খরজল ব্যবহার করিলে কোথায় কি প্রকারের অসুবিধা হয় তাহা বর্ণনা কর।

9. What is meant by saying that a solution is saturated? How to know whether a solution of nitre is saturated or not? Explain with an example, the case of a supersaturated solution, stating how you come to know that the solution is supersaturated.

৯। সংপৃক্ত দ্রবণ কাহাকে বলে? সোরার দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া তাহা সংপৃক্ত কিনা কি প্রকারে বুঝা যায়? অতিপৃক্ত দ্রবণের একটি উদাহরণ দিয়া বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও তাহা অতিপৃক্ত অবস্থায় আছে।

10. What is meant by the term "solubility"? How can the solubility of nitre be determined at a particular temperature? At 60°C the solubility of nitre is 110 and at 20°C it is 30. How much of nitre can be obtained as crystals by cooling a saturated solution of nitre prepared at 60° to 20°C?

১০। দ্রাব্যতা কাহাকে বলে? কোনও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা কি ভাবে নির্ণীত হয়? ৬০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সোরার দ্রাব্যতা ১১০ এবং ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ৩০। তাহা হইলে ৬০° সেন্টিগ্রেডে সোরার সংপৃক্ত দ্রবণের উষ্ণতা কমাইয়া ২০° সেন্টিগ্রেডে লইয়া আসিলে কত গ্রাম সোরার কেলাস পাওয়া যাইবে?

11. What is a colloidal solution? How can it be recognised? When barley and sugar get mixed up, how can you separate sugar from barley?

১১। কলয়েডীয় দ্রবণ কাহাকে বলে? ইহা চিনিবার উপায় কি? বার্লি ও চিনি মিশিয়া গেলে তাহা হইতে চিনি কি উপায়ে পৃথক্ করা যাইতে পারে?

12. In how many ways has the volumetric composition of water been determined? Describe correctly one such method.

১২। জলের আয়তনিক সংযুতি কি কি উপায়ে নির্ধারিত হইয়াছে? তাহাদের মধ্যে একটি পদ্ধতি যথাযথরূপে বর্ণনা কর।

13. Describe Dumas' method for the determination of the gravimetric composition of water.

১৩। জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় বিষয়ে ডুমার পদ্ধতি সম্যক্‌ভাবে বর্ণনা কর।

14. Write short notes on :—

(a) Acidic oxide and basic oxide :

(b) Hard water and soft water ;

(c) Gay Lussac's law of gaseous volumes ; and

(d) Solubility curves.

১৪। নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর সংক্ষেপে টিকা লিখ :—

(ক) আম্লিক অক্সাইড এবং ক্ষারকীয় অক্সাইড ;

(খ) খরজল এবং মৃদুজল ;

(গ) গেলুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ; এবং

(ঘ) দ্রাব্যতা ছক।

নবম অধ্যায়

হাইড্রোজেন (Hydrogen)

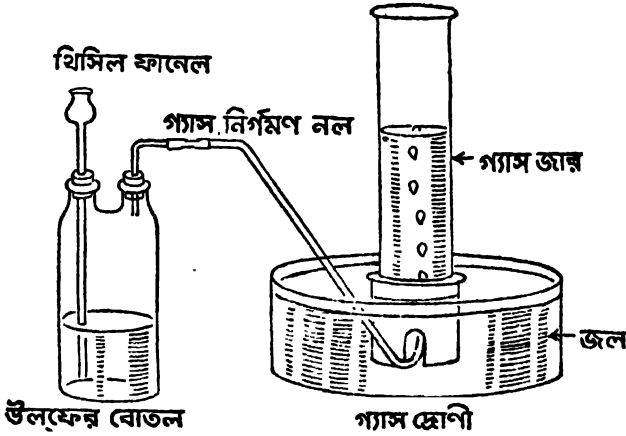
সংকেত—H। আণবিক সংকেত—H_2। পারমাণবিক ওজন—1·008
বাষ্প-ঘনত্ব—1·008।

ক্যাভেনডিস (Cavendish) এই গ্যাস লইয়া অনেকে পরীক্ষা করেন এবং ইহার নাম দাহ্য বায়ু (inflammable air) রাখেন। ল্যাভয়সিয়ার এই গ্যাসের নাম দেন হাইড্রোজেন (অর্থাৎ জলোৎপাদক)।

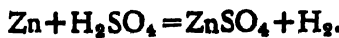
প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন প্রায় সর্বদাই অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অবস্থিত দেখিতে পাওয়া যায়, তবে আগ্নেয়গিরি হইতে বহির্গত গ্যাসে ও সৌরমণ্ডলে মৌলিক হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব দেখা যায়। অনেক সাধারণ যৌগে হাইড্রোজেনের অবস্থিতি দেখা যায়, যেমন, জল, যে-কোন অ্যাসিড, যে-কোন ক্ষার, বিভিন্ন জৈব পদার্থ, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতি।

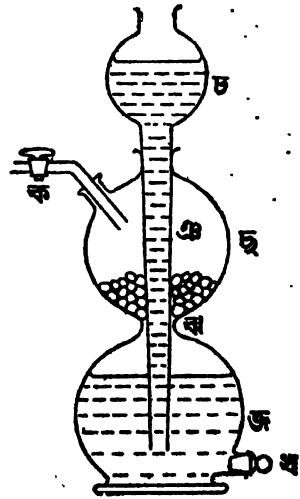
প্রস্তুতি :—হাইড্রোজেন সাধারণতঃ তাহার যৌগ অ্যাসিড হইতে এবং জল হইতে উৎপাদন করা হয়। তাহার ভিতর পরীক্ষাগারে যে প্রণালীতে উহা সাধারণতঃ তৈয়ারী করা হয়, নিম্নে তাহার বর্ণনা দেওয়া হইল।

একটি দুইমুখ-বিশিষ্ট উলফের (Wolfe) বোতলে খানিকটা দস্তার ছিবড়া (Granulated Zinc) লওয়া হয়। (দস্তা উত্তাপ দিয়া গলাইয়া উক্ত গলিত দস্তা সরু ধারায় জলে ঢালিয়া দিলে দস্তার ছিবড়া উৎপন্ন হয়)। উলফের বোতলের দুইটি মুখই ছিদ্র-করা কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। একটির ছিদ্র দিয়া একটি দীর্ঘ-নল ফানেল (Thistle funnel) এবং অপরটির মধ্যে একটি বাঁকান কাচের গ্যাসনির্গম-নল লাগান হয়। দীর্ঘনল ফানেলটি এরূপভাবে থাকে যে, তাহার নলের শেষ প্রান্ত বোতলের প্রায় শেষ পর্যন্ত পৌঁছায়। ফানেল দ্বারা জল ঢালিয়া দস্তার ছিবড়াগুলিকে ঢাকিয়া দেওয়া হয় এবং ফানেলের নল যেন জলের তলায় থাকে তাহা দেখিয়া লওয়া হয়। কর্ক এবং তাহার ভিতর লাগান কাচনলগুলির সংযোগ এমন হওয়া চাই যেন, তাহা বায়ু-নিরোধী (air-tight) হয়। নিম্নলিখিত উপায়ে উহা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়া লওয়া হয়। গ্যাস-নির্গম-নলের যে মুখটি গ্যাসজারের তলদেশে প্রবেশ করান হইবে তাহাতে মুখ লাগাইয়া ফুঁ দেওয়া হয়। তাহাতে

উলফের বোতলের ভিতরের জল ফানেলের লম্বা নলে উঠিয়া আসে। ফুঁ দিবার পর নলটি বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠদ্বারা চাপিয়া ধরিলে সে-পথে আর বায়ু প্রবেশ করিতে পারে না। বোতলে বায়ু প্রবেশ না করিলে ফানেলের নলে জল স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া থাকে। তাহা হইতে বুঝা যায় যে, বোতলের ছিপি ইত্যাদি ভালভাবে বায়ু-নিরোধী

চিত্র নং—32

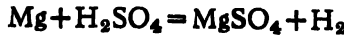
অবস্থায় আঁটা হইয়াছে। এই পরীক্ষা হাইড্রোজেন উৎপাদনের পূর্বে করিয়া লওয়া দরকার। কারণ, তাহা না হইলে উলফের বোতলে গ্যাস-প্রস্তুতের সময় বায়ু প্রবেশ করিয়া হাইড্রোজেনের সহিত মিশিয়া গিয়া একটি বিস্ফোরক মিশ্রণ উৎপন্ন করে এবং উক্ত হাইড্রোজেন লইয়া পরীক্ষা করিবার সময় বিস্ফোরণ হইবার ভয় থাকে। পরে নির্গম-নলের শেষ প্রান্তটি একটি গ্যাসদ্রোণীর ভিতর জলের নীচে রাখা হয়। বাঁকানো নলের মুখ একটি সম্পূর্ণরূপে জলের তলায় নিমজ্জিত মধুকোষপীঠের ভিতর ঢুকাইয়া রাখা হয় এবং মধুকোষপীঠের উপর সম্পূর্ণরূপে জলভর্তি গ্যাসজার সাবধানে উল্টাইয়া রাখা হয়। দেখিতে হইবে যে গ্যাসজার মধুকোষপীঠের উপর বসাইবার সময় গ্যাসজারে যেন কোন বায়ু প্রবেশ না করে। ইহার পর দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ (1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে) ঢালিয়া দেওয়া হয়। অ্যাসিড দস্তার সংস্পর্শে আসামাত্রই রাসায়নিক ক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়—

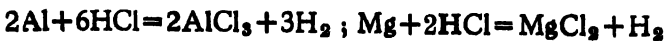
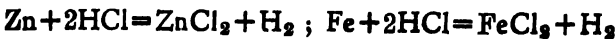
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2.$$

গ্যাসনির্গমন নলটি মধুকোষপীঠের বাহিরে রাখিয়া উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসকে কিছুক্ষণ জলের ভিতর দিয়া বুদ্বুদ কাটিয়া বাহির হইয়া যাইতে দিতে হইবে, কারণ উলফের বোতলের ভিতরে অবস্থিত বায়ু সম্পূর্ণরূপে উক্ত হাইড্রোজেন দ্বারা তাড়াইয়া লইতে হইবে। সেই হাইড্রোজেন একেবারে বায়ুমুক্ত হইয়াছে কি না নিম্নলিখিত উপায়ে তাহা দেখিয়া লইতে হইবে। একটি পরীক্ষানল জলভর্তি করিয়া গ্যাসদ্রোণীর জলের উপর মুখ বন্ধ করিয়া উল্টাইয়া দিয়া মুখ খুলিয়া দেওয়া হইল। তখন উহা জলভর্তিই থাকিবে। তাহার পর উক্ত জলপূর্ণ পরীক্ষানলটি গ্যাস-নির্গম-নলের উপর বসান হয়। তখন জল সরাইয়া পরীক্ষানলে হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি হয়। অতঃপর মুখ বন্ধ করিয়া পরীক্ষানলটি তুলিয়া আনিয়া বুনসেন দীপের নিকট ধরা হয়। তাহাতে গ্যাসটি যখন কোন শব্দ না করিয়া পুড়িতে থাকিবে তখন বুঝিতে হইবে যে, তাহা বায়ুর সহিত আর মিশ্রিত নয়। তখন জলভর্তি গ্যাসজার পূর্বের বর্ণিত অনুরূপ উপায়ে গ্যাস-নির্গম-নলের উপর বসাইয়া ক্রমশঃ কয়েক জার গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। তাহার পর গ্যাসজারের মুখ কাচের ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করিয়া পরীক্ষা-টেবিলের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়।

উলফের বোতলে হাইড্রোজেন তৈয়ারী করার প্রধান অসুবিধা এই যে, দস্তার ছিবড়া এবং অ্যাসিড সর্বদাই একত্র থাকে এবং যতক্ষণ না উহাদের একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা একেবারে শেষ হইয়া যায়, ততক্ষণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতেই থাকে। তাই প্রয়োজনমত হাইড্রোজেন নিয়মিত-ভাবে পাইবার জন্য পরীক্ষাগারে আজকাল কিপের যন্ত্র (Kipp's apparatus) ব্যবহৃত হয়। কিপের যন্ত্রটির দুইটি অংশ আছে। নীচের অংশে গোলাকৃতি কাচের বড় বালব (ছ ও জ) একত্র কাচের গলা (ঝ) দ্বারা যুক্ত করা থাকে। উপরের অংশে আর একটি গোলাকৃতি কাচের বড় বালব (চ) থাকে। এই বালবটিতে কাচের একটি দীর্ঘ নল (ঞ) এরূপ ভাবে লাগান হয় যে, তাহার

কিপের যন্ত্র
চিত্র নং—33

শেষপ্রান্ত সর্বনিম্নস্থ বালবের প্রায় শেষ প্রান্তে পৌঁছে। মধ্যের (ছ) বালবে একটি ছিদ্র থাকে। সেইটিকে কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া সেই কর্কের গায়ে একটি স্টপ-কক্ (Stop-cock) (ক)-যুক্ত গ্যাস-নির্গম নল লাগান থাকে। সর্বনিম্নের (জ) বালবে একটি ছিদ্র থাকে, যাহা কাচের ছিপি (খ) দ্বারা বন্ধ করা থাকে। মধ্যস্থিত (ছ) বালবে কিছুটা দস্তার ছিবড়া ভর্তি করা হয় এবং তাহার পর উহার ছিদ্রে স্টপ-কক্ যুক্ত নির্গম-নলসহ ছিপি লাগাইয়া উপরের (চ) বালবের মুখ দিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয়, যতক্ষণ না অ্যাসিড সর্বনিম্ন বালব (জ) ভর্তি করিয়া দস্তার ছিবড়ার সহিত সংস্পর্শে আসে এবং ছিবড়াগুলির অর্ধেক প্রায় ঢাকিয়া ফেলে। দস্তার সংস্পর্শে অ্যাসিড আসা মাত্র হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। স্টপ-কক্ (ক) খুলিয়া রাখা হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন ঐ পথে বালবের বায়ুর সহিত মিশিয়া বাহির হইয়া যায়। যখন সমস্ত বায়ু বিতাড়িত হয়, তখন স্টপ-কক্ (ক) বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তখন যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা ক্রমশঃ অ্যাসিডের উপর চাপের সৃষ্টি করে। তাহাতে অ্যাসিড (ছ) বালব হইতে (জ) বালবে নামিয়া লম্বা নলের পথে উঠিয়া (চ) বালবে চলিয়া আসে। দস্তার সহিত আর অ্যাসিডের সংযোগ না থাকায় হাইড্রোজেন-উৎপাদন বন্ধ হয় এবং (ছ) বালব-ভর্তি হাইড্রোজেন গ্যাস থাকে। প্রয়োজনমত স্টপ-কক (ক) খুলিয়া হাইড্রোজেন লওয়া হয়।

সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে অন্য ধাতু যথা, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি, সহযোগে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে।

$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2\ ;\ \ 2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2$$
$$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতেও উপরে উল্লিখিত ধাতুগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে।

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\ ;\ Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$$
$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2\ ;\ Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$$

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়া থাকে (পৃঃ ১৩৩)। অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত তাহারা অতি সহজেই ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। $2Na+2HCl=2NaCl+H_2$; $Ca+H_2SO_4=CaSO_4+H_2$

জল হইতে হাইড্রোজেন নানা উপায়ে পাওয়া যায়। তন্মধ্যে অল্পপরিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবার কথা পূর্বেই জলের ভিতর বলা হইয়াছে (পৃঃ ১১৬)। জলের বিষয় আলোচনা প্রসঙ্গে ধাতব মৌলের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পাইবার কথাও উল্লিখিত হইয়াছে। লোহিত-তপ্ত আয়রণের গুঁড়ার উপর দিয়া ফুটন্ত জলের বাষ্প প্রেরণ করিয়া হাইড্রোজেন-উৎপাদন সেই প্রসঙ্গে বর্ণিত হইয়াছে (পৃঃ ১১৩)। কাজেই হাইড্রোজেনের পণ্য-উৎপাদন বিনামূল্যে-লভ্য জল হইতে, হয় তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা, না-হয় লোহিত-তপ্ত লৌহের সাহায্যে করা হইয়া থাকে।

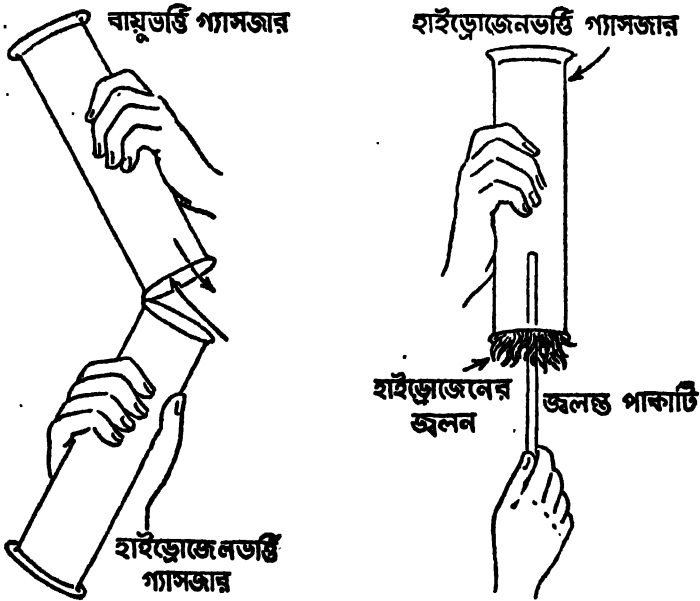
পণ্য-দস্তার ছিবড়া এবং পণ্য-সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন নয়। তাহাতে ফসফোরেটেড হাইড্রোজেন (PH_3), আর্সেনিউরেটেড হাইড্রোজেন (AsH_3), সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সলফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_2) এবং জলীয় বাষ্প থাকে। ইহার পরিশুদ্ধি যে উপায়ে হইতে পারে, তাহা জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করিবার সময় বর্ণিত হইয়াছে (পৃঃ ১১৯)। এখানে তাহা পুনরুল্লিখিত হইল :—উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসকে নিম্নক্রমে U-নল সাজাইয়া পর পর (1) একটি U-নলে :অবস্থিত লেডনাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া H_2S-মুক্ত করা হয়; (2) অন্য একটি নলে সিলভার সলফেটের দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া PH_3 এবং AsH_3 মুক্ত করা হয়। (3) তৃতীয় U-নলে কঠিন KOH এর ভিতর দিয়া চালনা করিয়া CO_2, SO_2 এবং NO_2 মুক্ত করা হয়; (4) চতুর্থ U-নলে H_2SO_4 রাখিয়া জলীয় বাষ্প মুক্ত করা হয়। প্রবল ক্ষার হইতেও হাইড্রোজেন উৎপাদন করা যায়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণে বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণে দস্তা বা অ্যালু-মিনিয়াম ধাতুর টুকরা যোগ করিয়া উত্তাপ দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। তবে এই প্রণালী পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয় না।

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

হাইড্রোজেনের ধর্ম :—হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস, ইহা জলে অদ্রাব্য। ইহা সমস্ত পদার্থ অপেক্ষা লঘু—বস্তুতঃ জগতের মধ্যে ইহাই লঘুতম

পদার্থ। ইহার ঘনত্ব 0·000089 গ্রাম (1 ঘন সেন্টিমিটারের ওজন)। বায়ু হইতে ইহার লঘুত্ব নানা উপায়ে প্রমাণ করা যাইতে পারে। প্রথমতঃ একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার উল্টা করিয়া ধরিয়া তাহার নিম্নে একটি মুখ-বন্ধ-করা হাইড্রোজেন পূর্ণ গ্যাসজার ধরা হইল। তাহার পর হাইড্রোজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের মুখের ঢাকনা সরাইয়া বায়ুপূর্ণ গ্যাসজারটি তাহার উপর আনা হইল। দেখা যাইবে যে, হাইড্রোজেন গ্যাস উপরের গ্যাসজারে চলিয়া গিয়াছে। একটি জ্বলন্ত পাকাটি উপরের গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলে উহা নিভিয়া যাইবে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠিবে।

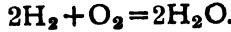
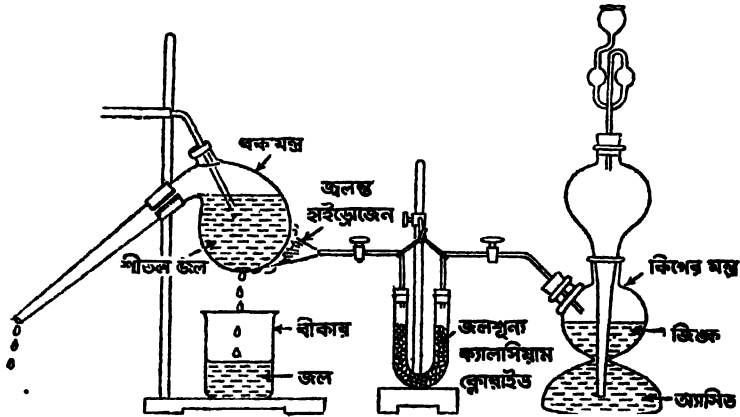
দ্বিতীয়তঃ—সাবান ঘষিয়া একটি খর্পরে বেশ খানিকটা ফেনা করা হইল। প্রথমে কষ্টিক সোডার দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিয়া পরে সাবানের ফেনার ভিতর দিয়া সরু মুখের নলের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হইল। সাবানের বড় গোলাকৃতি বুদ্বুদ উপরে উঠিয়া যাইতে লাগিল। হাইড্রোজেন

চিত্র নং—34

গ্যাস বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্কা বলিয়া বুদ্বুদ হাইড্রোজেন-ভর্তি থাকায় সহজেই

উপরে উঠে। খেলনার বেলুন হাইড্রোজেন-ভর্তি করিলে উপরে উঠিয়া যায়। এই সকল পরীক্ষা হইতে হাইড্রোজেন যে বায়ুর তুলনায় লঘু তাহা প্রমাণ করা হয়। সেইরূপ অন্যান্য গ্যাস হইতেও ইহার লঘুত্ব প্রমাণ করা যায়।

হাইড্রোজেন দাহ্য পদার্থ কিন্তু দহনের সহায়ক নয়। একটি উল্টাইয়া রাখা হাইড্রোজেনের জার উল্টা অবস্থাতেই ধরিয়া তাহার মুখের ঢাকনা সরাইয়া একটি জলন্ত পাকাটি গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করান হইল। পাকাটি নিভিয়া গেল, কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসজারের মুখে একরূপ অদৃশ্য নীল আভার সহিত জ্বলিতে লাগিল।

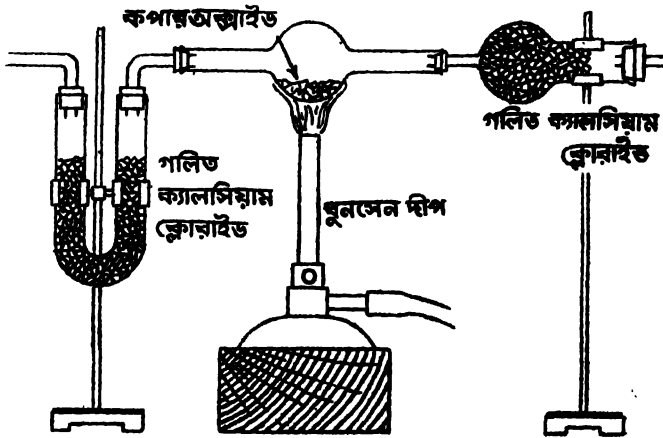
বিশেষ দ্রষ্টব্য :—কাচের সহিত সংস্পর্শ থাকার ফলে গ্যাসটি হলুদ আভাযুক্ত শিখায় জ্বলে।

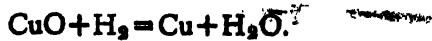
হাইড্রোজেন পুড়িবার সময় বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে জল উৎপন্ন করে। $2H_2 + O_2 = 2H_2O.$

হাইড্রোজেন দুইভাগ ও অক্সিজেন একভাগ মিশাইয়া অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ হয় এবং জল উৎপন্ন হয়। একটি সোডাওয়াটারের বোতলে দুইভাগ (আয়তনিক) হাইড্রোজেন এবং একভাগ (আয়তনিক) অক্সিজেন জল বিতাড়ন

চিত্র নং—35

দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। তাহার পর বোতলের ছিপি বন্ধ করিয়া ঝাঁকাইয়া গ্যাস দুইটি মিশ্রিত করা হয়। তাহার পর ছিপি খুলিয়া বোতলটির মুখ একটি বুনসেন দীপের নিকট লওয়া হয় তখন খুব জোরে বিস্ফোরণ সহকারে গ্যাস দুইটি সংযুক্ত

হইয়া জল উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ুতে পোড়াইলে যে জল উৎপন্ন হয় তাহা নিম্নলিখিত উপায়ে দেখান যাইতে পারে।

কিপের যন্ত্র হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেনকে U-নলে স্থাপিত জলশূন্য গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া শুষ্ক করা হয়। তাহার পর একটি U-নলের অপর প্রান্তে যুক্ত সরু কাচের নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন বাহিরে আসিতে থাকিলে ঐ সরু নলের মুখে তাহাকে জ্বালিয়া দেওয়া হয়। হাইড্রোজেনের নীল শিখা একটি শীতল জলপূর্ণ বকযন্ত্রের নীচে লাগান হয় এবং বকযন্ত্রের ভিতর দিয়া শীতল জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। বকযন্ত্রের নিম্নে একটি বীকার রাখা হয়। ঐ বীকারের ভিতর (চিত্র নং 35) ফোঁটা ফোঁটা করিয়া একটি বর্ণহীন তরল সঞ্চিত হয়। ঐ তরল পদার্থ যে জল তাহা প্রমাণ করিতে অনার্দ্র সাদা কপার সলফেট উহাতে যোগ করা হয় এবং তখন দেখা যায় যে, সাদা কপার সলফেট নীলবর্ণ হয়। ইহাতেই প্রমাণিত হয় যে, বর্ণহীন তরল পদার্থটি জল।

হাইড্রোজেনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবার আসক্তি খুবই বেশী। অনেক ধাতব অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়া তাহাদের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা

চিত্র নং—36

করিলে তাহাদের মধ্যস্থ অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে এবং মৌলিক ধাতুটি নিষ্কাষিত হয়। উদাহরণ স্বরূপ উত্তপ্ত, কালো কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন চালনা করিলে লাল ধাতব কপার উৎপন্ন হয় এবং জল হয়। $CuO+H_2=Cu+H_2O.$

পরীক্ষামূলকভাবে দেখাইতে হইলে কিপের যন্ত্র হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেন গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং দুইদিকে নল সংযুক্ত একটি ছোট বাল্‌বে অল্পপরিমাণ কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া তাহার একদিকের নল. গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পাত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয়। ছোট বাল্‌বের অন্য দিকের নল অপর একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ U-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। তাহার পর শুষ্ক হাইড্রোজেনের প্রবাহ কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া চালনা করা হয় এবং বুনসেন দীপদ্বারা ধীরে ধীরে বাল্‌বটি উত্তপ্ত করা হয়। দেখিতে পাওয়া যায় যে, কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লাল কপার ধাতুতে রূপান্তরিত হইয়া যায় এবং যে জল উৎপন্ন হয় তাহা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ U-নলে সঞ্চিত হয়। যদি U-নলটি পরীক্ষার পূর্বে ও পরে ওজন করা হয়, তাহা হইলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, পরীক্ষার পরের ওজন পরীক্ষার পূর্বের ওজন অপেক্ষা বেশী।

উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাস অনেক মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হয়। যেমন সলফারের গুঁড়া উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া তাহার উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন নামক গ্যাস উৎপন্ন হয়।

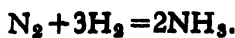
$$H_2 + S = H_2S.$$

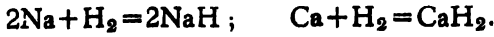
এই উৎপন্ন গ্যাসের গন্ধ পচা ডিমের মত।

হাইড্রোজেন গ্যাসের জলন্ত শিখা ক্লোরিণ গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেনের দহন চলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের সাদা ঘন ধোঁয়া গ্যাসজারের ভিতর উৎপন্ন হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl.$

এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি, হাইড্রোজেন গ্যাস ও ক্লোরিণ গ্যাস একটি গ্যাসজারে অন্ধকারে মিশ্রিত করিয়া ঘরের ভিতর আলোতে গ্যাসজারটি বসাইলেই হয়। সূর্যালোকে বিস্ফোরণ সহকারে উক্ত বিক্রিয়াটি ঘটিয়া থাকে।

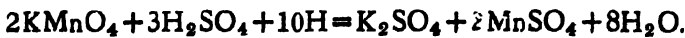
1 ভাগ আয়তনিক নাইট্রোজেন 3 ভাগ আয়তনিক হাইড্রোজেনের সহিত মিশাইয়া গ্যাস দুইটির মিশ্রণকে বায়ুমণ্ডলের চাপের দুইশত গুণ বেশী চাপ প্রয়োগ করিয়া এবং 550° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় লোহাচুর অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইলে অ্যামোনিয়া নামক গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3.$$

উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা ক্যালসিয়ামের উপর হাইড্রোজেন চালনা করিলে উক্ত ধাতুসমূহের হাইড্রাইড নামক যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$2Na+H_2=2NaH\;;\qquad Ca+H_2=CaH_2.$$

নিকেল, কোবাল্ট, আয়রণ, প্লাটিনাম এবং বিশেষতঃ প্যালাডিয়াম প্রভৃতি ধাতু উত্তপ্ত করিলে এবং এমনকি সাধারণ উষ্ণতাতেও হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে। উক্ত ধাতুসমূহের এই গুণকে **অন্তর্ধৃতি** (Occlusion) বলে। 1 আয়তন প্যালাডিয়াম সাধারণ উষ্ণতায় 800-900 আয়তন হাইড্রোজেন শোষণ করিয়া লয়। উক্ত অন্তর্ধৃত (occluded) হাইড্রোজেন বেশী উত্তাপ প্রয়োগে আবার বাহির হইয়া আসে। অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটাইবার ক্ষমতা সাধারণ হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটাইবার ক্ষমতা অপেক্ষা অনেক বেশী।

জায়মান হাইড্রোজেন (Nascent Hydrogen) ঃ—হাইড্রোজেন যখন তাহার কোন যৌগ হইতে সদ্য মুক্ত হয়, তখন তাহার জায়মান অবস্থা (Nascent state) বলা হয়। এই অবস্থায় হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ক্রিয়াসম্পাদনের ক্ষমতা সাধারণভাবে উৎপন্ন ও সংগৃহীত হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশী। এই গুণ পরীক্ষামূলকভাবে নিম্নলিখিত প্রকারে দেখান হয়।

একটি পরীক্ষানলে কিছুটা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু দ্রবণ লওয়া হয় এবং তাহাতে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হয়। তাহার পর কিপের যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস উক্ত অ্যাসিডযুক্ত পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। অনেকক্ষণ ধরিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলেও পারম্যাঙ্গানেটের রংএর কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু ঐ অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণে যদি একটু দস্তার টুকরা ফেলিয়া দেওয়া যায়, তবে উক্ত দ্রবণের ভিতরেই হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকে এবং এই সদ্য-উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেন পারম্যাঙ্গানেটের রং নষ্ট করিয়া দেয়।

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+10H=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O.$$

জায়মান অবস্থা

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এই প্রক্রিয়ায় বিজারিত হইয়া পটাসিয়াম সলফেট এবং ম্যাঙ্গানস সলফেট উৎপন্ন করে। শেষোক্ত দুইটি পদার্থের লঘু দ্রবণই বর্ণহীন, তাই এই বিক্রিয়ার ফলে বেগুনী রংএর দ্রবণ বর্ণহীন হয়। ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করিয়া উক্তরূপ পরীক্ষা করিলে দেখা

যায় যে, কিপ হইতে পাওয়া হাইড্রোজেন ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদ রংএর পরিবর্ত্তন ঘটায় না, কিন্তু দ্রবণে দস্তার টুকরা যোগ করিলে দ্রবণের রং সহজেই চলিয়া যায়। $FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$

হলুদবর্ণ ফেরিক ক্লোরাইড প্রায়বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইড

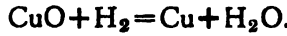
জায়মান হাইড্রোজেনকে অনেকে পারমাণবিক (atomic) অবস্থায় স্থিত হাইড্রোজেন বলিয়া থাকেন। হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করিয়া সংগ্রহ করিলে তাহা আণবিক (molecular) হাইড্রোজেন হইয়া যায়। কিন্তু উৎপন্ন হইবার সময় ইহা পারমাণবিক অবস্থায় থাকে। তাই ইহার শক্তি (Energy) অনেক বেশী পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। তবে এই পারমাণবিক মতবাদ সকল অবস্থায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটাইবার শক্তি ব্যাখ্যা করিতে পারে না। যেমন সোডিয়াম এবং জল হইতে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন $KClO_3$ কে বিজারিত করিতে পারে না কিন্তু জিঙ্ক এবং অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন $KClO_3$ কে KCl-এ পরিবর্তিত করে।

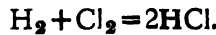
হাইড্রোজেনের ব্যবহার: (1) হাইড্রোজেন গ্যাস সর্বাপেক্ষা লঘু গ্যাসীয় পদার্থ বলিয়া বেলুন ও বিমান-চালনার জন্য এই গ্যাস তাহাদের ভিতর লওয়া হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন দাহ্য পদার্থ বলিয়া উক্ত বিষয়ে ইহার প্রচলন বন্ধ করিয়া দ্বিতীয় লঘু অদাহ্য গ্যাস হিলিয়াম উহার স্থলে ব্যবহার করা হইতেছে।

(২) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা উৎপন্ন করিতে এবং তাহা হইতে চুনের আলো (Lime-light) উৎপাদনে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

(3) সারহিসাবে অ্যামোনিয়াম সলফেট ব্যবহৃত হয় এবং তাহা অ্যামোনিয়া হইতে প্রস্তুত হয়। পণ্য-অ্যামোনিয়া উৎপাদনে হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়। সিঁদ্রীতে অ্যামোনিয়ার পণ্য-উৎপাদন এবং তাহা হইতে অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করা এখন সুষ্ঠুভাবে চলিতেছে।

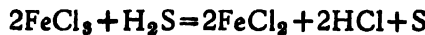
(4) ভেজিটেবল ঘৃত (দালদা বনস্পতি) তৈয়ারী করিতে হাইড্রোজেন বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। নারিকেল তৈল, বাদাম তৈল প্রভৃতির ভিতর নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রায় 180° সেন্টিগ্রেড এবং বায়ুমণ্ডলের চাপের পাঁচগুণ চাপ প্রয়োগে প্রবেশ করাইলে ঐগুলি শক্ত স্নেহপদার্থে রূপান্তরিত হয়। ইহা একপ্রকার কৃত্রিম ঘৃত।

বিজারণ (Reduction) **এবং জারণ** (Oxidation):—যখন কোন অক্সিজেন-ঘটিত যৌগ হইতে কোন উপায়ে অক্সিজেন অপসারিত করা যায়, তখন যে প্রক্রিয়ার আশ্রয় লওয়া হয়, তাহাকে **বিজারণ** বলে। কেবল তাহাই নহে। যখন কোন পদার্থের (মৌল বা যৌগ) সহিত হাইড্রোজেনের সংযোগ কোন উপায়ে ঘটান হয়, তখনও প্রক্রিয়াটিকে বিজারণ বলা হয়। যেমন, পূর্বে বর্ণিত উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেনের সাহায্যে ধাতব কপার প্রাপ্তির প্রক্রিয়া বিজারণ-প্রক্রিয়া। $CuO + H_2 = Cu + H_2O.$

এখানে কিউপ্রিক অক্সাইড অক্সিজেন হইতে বিচ্ছিন্ন হওয়াতে বিজারিত হইতেছে। সেইরূপ যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নামক পদার্থ উৎপন্ন করে, তখনও বিজারণ-প্রক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

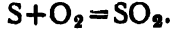
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

এখানে হাইড্রোজেনের সহিত ক্লোরিণ যুক্ত হওয়াতে ক্লোরিণের বিজারণ ঘটিতেছে।

বিশদভাবে বলিতে গেলে, যে সমস্ত প্রক্রিয়াতে অক্সিজেন বা অক্সিজেনের মত ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত (electronegative) মৌল কোন যৌগ হইতে অপসারিত হয়, অথবা হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেনের মত ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত (electro-positive) মৌল অন্য কোন মৌল বা যৌগের সহিত সংযুক্ত হয় তাহাদিগকে বিজারণ প্রক্রিয়া বলে।

উদাহরণ: (1) যখন ফেরিক ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস চালনা করা হয়, তখন ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ইহা ফেরিক ক্লোরাইডের বিজারণ, কারণ এখানে ফেরিক ক্লোরাইড যৌগ হইতে ক্লোরিণ (ঋণাত্মক তড়িতাধান বিশিষ্ট মৌল) অপসারিত হইতেছে।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

(2) আবার ক্লোরিণ গ্যাসে সোডিয়াম ধাতু যোগ করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$। এইখানে ক্লোরিণ সোডিয়ামের (ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত মৌল) সহিত সংযুক্ত হওয়ায় উহা বিজারিত হইতেছে।

জারণ-প্রক্রিয়া বিজারণ-প্রক্রিয়ার ঠিক উল্টা পদ্ধতি। যখন কোন পদার্থ (মৌল বা যৌগ) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তখনই **জারণ-প্রক্রিয়া** ঘটিয়া থাকে। আবার, যখন কোন হাইড্রোজেনের যৌগ পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করা যায়, তখনই জারণ-প্রক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

উদাহরণ স্বরূপ, আমরা অক্সিজেন লইয়া পরীক্ষা করিবার সময় দেখিয়াছি যে সলফার অক্সিজেনে পোড়াইলে সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এখানে সলফারের জারণ হইতেছে— $S+O_2=SO_2$.

সেই প্রকার গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়—

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O.$$

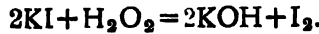
এইখানে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করা হইতেছে এবং সেই কারণে ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ।

এখানেও বিশদভাবে বলিতে গেলে যে সমস্ত প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন অথবা তদনুরূপ ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত মৌলের সহিত অন্য কোন মৌলের অথবা যৌগের সংযোগ ঘটে, অথবা, হাইড্রোজেন বা তদনুরূপ ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত মৌল কোন যৌগ হইতে অপসারিত হয় তাহাদিগকে জারণ প্রক্রিয়া বলে।

উদাহরণ: (1) ফেরাস ক্লোরাইড নামক যৌগের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করাইলে উহা ফেরিক ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়।

$$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3.$$

এখানে ফেরাস ক্লোরাইড নামক যৌগের সহিত ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত মৌল ক্লোরিণ সংযুক্ত হওয়ায় উহা জারিত হইতেছে।

আবার, পটাসিয়াম আয়োডাইডে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে আয়োডিন উৎপন্ন হয়। $2KI+H_2O_2=2KOH+I_2$.

এখানে পটাসিয়াম আয়োডাইড নামক যৌগ হইতে পটাসিয়াম (ধনাত্মক তড়িতাধান বিশিষ্ট মৌল) অপসারিত হওয়ায় উহা জারিত হইতেছে।

এক্ষণে একটু অনুধাবন পূর্বক বুঝা যাইবে যে, জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া একত্র ঘটিয়া থাকে। একটি পদার্থ যখন বিজারিত হয় অন্যটি তখন জারিত হয়। কিউপ্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের ক্রিয়াটি লক্ষ্য করিলেই দেখা যাইবে যে, কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইতেছে এবং সেই সঙ্গে হাইড্রোজেন জারিত হইতেছে।

বিজারণ-প্রক্রিয়ার উদাহরণ:

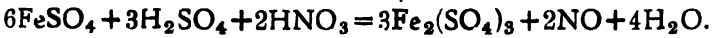
(1) কিউপ্রিক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা কিউপ্রাস ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়। $2CuCl_2=Cu_2Cl_2+Cl_2$.

(৩) আয়োডিন জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া, তাহার ভিতর দিয়া সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন চালনা করিলে, আয়োডিন বিজারিত হইয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $I_2+H_2S=2HI+S$.

জারণ-প্রক্রিয়ার উদাহরণ :—

(1) স্ট্যানস ক্লোরাইডের উপর ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিলে উহা জারিত হইয়া স্ট্যানিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়। $SnCl_2+Cl_2=SnCl_4$.

(2) ফেরাস সলফেটে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া তাহাতে ঘন নাইটিক অ্যাসিড দিলে ফেরাস সলফেট জারিত হইয়া ফেরিক সলফেট উৎপন্ন হয়।

$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O.$$

বিশেষ দ্রষ্টব্য :—উক্ত দুইটি উদাহরণে অক্সিজেনের সহিত সংযোগ না ঘটিয়া অক্সিজেনের অনুরূপ অন্য একটি মৌল ক্লোরিণের সহিত বা যৌগমূলক সলফেটের সহিত সংযোগ ঘটিয়াছে। এরূপ ক্ষেত্রেও প্রক্রিয়াটিকে জারণ বলা হয়।

Questions

1. What are the precautions to be taken for preparing and collecting hydrogen in the laboratory? How to preserve the gas after collecting it in a gasjar?

১। হাইড্রোজেন পরীক্ষাগারে তৈয়ারী করিয়া সংগ্রহ করিতে হইলে কি কি বিষয়ে অবহিত হওয়া প্রয়োজন? উক্ত গ্যাস সংগ্রহ করিয়া কিভাবে সংরক্ষণ করিতে হয়?

2. Describe three experiments to demonstrate the extreme lightness of hydrogen.

২। হাইড্রোজেনের লঘুত্ব প্রমাণ করিতে তিনটি পরীক্ষার বিষয় যাহা জান বিশদভাবে লিখ।

3. Describe experiments to prove the following statements :—

(*a*) Water is produced when hydrogen burns in air.
(*b*) Hydrogen is an efficient reducing agent.
(*c*) Hydrogen is an odourless gas insoluble in water.

৩। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রমাণ করিতে যে পরীক্ষাগুলি করা প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর :—

(ক) হাইড্রোজেন বায়ুতে পুড়িলে জল উৎপন্ন হয়।
(খ) হাইড্রোজেন একটি ভাল বিজারক।
(গ) হাইড্রোজেন জলে অদ্রাব্য গন্ধহীন গ্যাস।

4. What is meant by the nascent state of an element? "Nascent hydrogen is a more effective reducing agent than ordinarily prepared hydrogen gas"—prove this statement by suitable experiments.

৪। মৌলের জায়মান অবস্থা কাহাকে বলে? "জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণভাবে প্রস্তুত ও সংগৃহীত হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশী বিজারক গুণবিশিষ্ট"—এই উক্তিটি পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত কর।

5. What happens when :—

(a) Metallic sodium is added to water at ordinary temperature.

(b) Hydrogen gas is passed over heated copper oxide.

(c) Steam is passed over redhot iron filings.

(d) Sulphuric acid is added to potassium permanganate solution and then a few pieces of granulated zinc added to the mixture.

(e) Water is boiled with aluminium powder.

(f) Metallic aluminium is boiled with caustic soda solution :—
Give equations in all cases.

৫। নিম্নলিখিত অবস্থায় কি ঘটে তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর :—

(ক) জলে ধাতব সোডিয়াম সাধারণ উষ্ণতায় যোগ করা হইল।

(খ) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হইল।

(গ) ফুটন্ত জলের বাষ্প লোহিততপ্ত লোহাচূরের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল।

(ঘ) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণে কিছুটা সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করিয়া তাহাতে এক টুকরা দস্তার ছিবড়া ফেলিয়া দেওয়া হইল।

(ঙ) ধাতব অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়ার সহিত জল ফুটান হইল।

(চ) ধাতব অ্যালুমিনিয়মের গুঁড়ার সহিত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া ফুটান হইল।

6. What are the impurities present in hydrogens as prepared ordinarily in the laboratory? How are they removed?

৬। সাধারণভাবে তৈয়ারী হাইড্রোজেনে কি কি অশুদ্ধি বর্তমান থাকে? সেই অশুদ্ধিগুলি কিভাবে দূরীভূত করা যায়।

7. Write what you know about the uses of hydrogen. What are the tests to be applied to name a colourless and odourless gas as hydrogen.

৭। হাইড্রোজেনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কোন বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাসকে হাইড্রোজেন বলিবার পূর্বে কি কি পরীক্ষা করা প্রয়োজন ?

8. Write notes on 'oxidation' and 'reduction', giving suitable examples.

৮। "জারণ" এবং "বিজারণ" প্রক্রিয়ার উপর উদাহরণ সহকারে টীকা লিখ।

9. (a) What do you understand by 'oxidation" and "reduction"? Give examples.

(b) What is "nascent state"? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen ?

(ক) "জারণ" এবং "বিজারণ" বলিতে কি বুঝ ? উদাহরণ দাও।

(খ) "জায়মান অবস্থা" কাহাকে বলে ? সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেন অধিক শক্তিশালী বিজারক ইহা কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

10. (a) Describe two purely chemical reactions by which hydrogen may be obtained from water. Give equations.

(b) Describe an experiment to show that water is produced when hydrogen reduces an oxide of a metal.

(ক) জল হইতে হাইড্রোজেন পাইবার দুইটি বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। সমীকরণ দাও।

(খ) ধাতব অক্সাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে জল উৎপন্ন হয় তাহা একটি পরীক্ষার বর্ণনা দ্বারা দেখাও।

দশম অধ্যায়

পারমাণবিক ও আণবিক ওজনের প্রাথমিক জ্ঞান

(Elementary idea of atomic and molecular weight)

পদার্থসমূহের আণবিক ও পারমাণবিক গঠনের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে (পৃঃ ৬)। যে-কোন পদার্থের অণু এবং পরমাণু এত ছোট যে, ইহাদিগকে তৌল-দণ্ডে (balance) প্রকৃতভাবে ওজন করা যায় না। তাই কোন একটি মৌলের পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া অন্য মৌলের পরমাণুর ওজন বা যৌগের অণুর আপেক্ষিক ওজন তুলনামূলক ভাবে বলা হয়। হাইড্রোজেন লঘুতম মৌল, তাই হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনকে একক ধরা হয়। সুতরাং হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনের তুলনার জন্য মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী হয়, সেই সংখ্যাকে অন্য মৌলটির **পারমাণবিক ওজন** (atomic weight) বলা হয়।

$$\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন} = \frac{\text{মৌলের এক পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ওজন}}।$$

অতএব পারমাণবিক ওজন একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই।

বিশেষ দ্রষ্টব্য :—হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনকে একক ধরাতে অনেক প্রকার অসুবিধা দেখা দেয়। সেই কারণে অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন 16 ধরিয়া সেই অনুপাতে অন্য মৌলের একটি পরমাণুর ওজন বর্তমানে স্থিরীকৃত হইয়া ব্যবহৃত হইতেছে। সেই অনুপাতে এক পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন 1 না হইয়া 1·008 হয়।

"ক্লোরিণের পারমাণবিক ওজন 35·5" বলিলে আমরা বুঝি

$$\frac{\text{ক্লোরিণের এক পরমাণুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের এক পরমাণুর ওজন}} \times 16 = 35{\cdot}5।$$

সেইরূপ কোন পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী এইটি যে সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়, সেই সংখ্যাটিকেই পদার্থটির **আণবিক ওজন** (molecular weight) বলা হয়।

$$\text{অতএব কোন পদার্থের আণবিক ওজন} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণর ওজন}};$$

ইহাও একটি সংখ্যামাত্র এবং ইহারও কোন একক নাই। "ক্লোরিণের আণবিক ওজন=71" বলিলে আমরা বুঝি যে, ক্লোরিণের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 71 গুণ ভারী।

পদার্থের আণবিক ওজন: যে-কোন পদার্থের আণবিক ওজন তাহার রাসায়নিক সংকেত হইতে স্থির করা যায়। একটি উদাহরণ হইতে ইহা সম্যকভাবে বুঝা যাইবে।

মৌল পদার্থ ক্লোরিণের অণুর সংকেত Cl_2 এবং তাই ইহার আণবিক ওজন= $2\times35{\cdot}5=71$। অণুতে পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা পারমাণবিক ওজনকে গুণ করিলেই আণবিক ওজন পাওয়া যায়।

চুনাপাথরের (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) রাসায়নিক সংকেত $CaCO_3$ এবং ইহার আণবিক ওজন$=40+12+3\times16=52+48=100$। এখানে একটি চুনা-পাথরের অণুতে একটি ক্যালসিয়ামের পরমাণু, একটি কার্বনের পরমাণু এবং তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু আছে। তাই একটি ক্যালসিয়ামের পরমাণুর ওজন, একটি কার্বনের পরমাণুর ওজন এবং তিনটি অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন একত্র যোগ করিয়া চুনাপাথরের অণুর ওজন বাহির করা হইল।

পারমাণবিক ওজন গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন** বা **গ্রাম-পরমাণু** (Gram-atom) বলে। সেইরূপে আণবিক ওজন গ্রামে প্রকাশ করিলে, সেই আণবিক ওজনকে **গ্রাম-আণবিক ওজন** (Gram-molecular-weight) বা **গ্রাম-অণু** (Gram-molecule) বলে।

সলফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত H_2SO_4 এবং তাহার আণবিক ওজন $2\times1+32+4\times16=98$। অতএব 98 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড বলিলে আমরা সলফিউরিক অ্যাসিডের এক গ্রাম-অণু বুঝি। 10 গ্রাম-অণু সলফিউরিক অ্যাসিড বলিলে $98\times10=980$ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড বুঝাইবে। সকল গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-অণু সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে একই আয়তন দখল করে এবং তাহা 22·4 লিটার হয়। এই আয়তনকে **গ্রাম-আণবিক আয়তন** (Gram-molecular volume) বলে।

বর্তমানে নানা প্রকার পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে, প্রত্যেক পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তনে (22·4 লিটার 0° সেন্টিগ্রেডে ও 760 মিলিমিটার পারদের

চাপে) অণুর সংখ্যা 06 × 10^{23}। এই সংখ্যাকে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** (Avogadro Number) বলে।

তাই অণুর **চরম** (absolute) **ওজন** বাহির করিতে হইলে সাধারণ উষ্ণতায় —এ চাপে 22·4 লিটার আয়তনের গ্যাসীয় পদার্থের ওজনকে $6 \cdot 06 \times 10^{23}$ দিয়া ভাগ করিতে হয়। ইহাতে এমন একটি ক্ষুদ্র সংখ্যা পাওয়া যায়, যাহা তৌলদণ্ডে ওজনে পাওয়া যায় না বা ধারণাতে আনা যায় না।

এইভাবে হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন বাহির করা অসম্ভব, কারণ হাইড্রোজেনের অণুর চরম ওজন $= \frac{2 \cdot 016}{6 \cdot 06 \times 10^{23}}$ গ্রাম

এবং হাইড্রোজেনের অণুতে তাহার দুইটি পরমাণু বিদ্যমান তাই হাইড্রোজেনের পরমাণুর চরম ওজন

$$= \frac{2 \cdot 016}{2 \times 6 \cdot 06 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম} = \frac{1 \cdot 008}{6 \cdot 06 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম} = 1 \cdot 66 \times 10^{-24} \text{ গ্রাম।}$$

হাইড্রোজেনের পরমাণুর চরম ওজন হইতে অন্যান্য মৌল বা যৌগের পরমাণু বা অণুর চরম ওজন হিসাব করিয়া বাহির করা যায়, কারণ হাইড্রোজেনের পরমাণুকে একক ধরিয়াই সেইগুলির পরমাণুর ও অণুর আপেক্ষিক ওজন স্থিরীকৃত হইয়াছে। তাই ম্যাগনেসিয়ামের একটি পরমাণুর ওজন

$$= 1 \cdot 66 \times 10^{-24} \times 24 \text{ গ্রাম} = 3 \cdot 984 \times 10^{-23} \text{ গ্রাম}$$

এবং জলের একটি অণুর ওজন

$$= 1 \cdot 66 + 10^{-24} \times 18 \text{ গ্রাম} = 29 \cdot 88 \times 10^{-24} \text{ গ্রাম।}$$

Questions

1. Define "atomic weight" and "molecular weight."

১। পারমাণবিক ওজন এবং আণবিক ওজনের সংজ্ঞা লিখ।

2. How can the absolute weight of an atom and of a molecule determined ?

What is meant by "Avogadro Number" and what is its magnitude ?

২। পরমাণুর ও অণুর চরম ওজন কিভাবে স্থির করা হয় ? অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলিতে কি বুঝায় এবং তাহার মান কত ?

3. What is meant by "gram-atom" and "gram-molecule" ? What is the absolute weight of an atom of aluminium ?
[Ans. $4{\cdot}482 \times 10^{-23}$ gram.]

৬। গ্রাম-পরমাণু এবং গ্রাম-অণু বলিতে কি বুঝায় ? এক পরমাণু অ্যালুমিনিয়ামের চরম ওজন কত ? [উত্তর : – ৪·৪৮২ × ১০–২৩ গ্রাম]

একাদশ অধ্যায়

সরল রাসায়নিক গণনা

(Simple Chemical Calculations)

পদার্থের শতকরা সংযুতি (Composition) :—যে-কোন পদার্থের রাসায়নিক সংকেত হইতে তাহার শতকরা সংযুতি নিম্নলিখিত উদাহরণসমূহে যে উপায় দেখান হইল তাহা দ্বারা হিসাব করা হয়।

Example : (1) The formula for hydrated crystals of sodium sulphate is Na_2SO_4, $10H_2O$. Calculate the percentage amount of sodium. sulphur, oxygen and water in sodium sulphate crystals.

উদাহরণ : (১) সোদক সোডিয়াম সলফেট-এর আণবিক সংকেত Na_2SO_4, $10H_2O$। তাহাতে সোডিয়াম, সলফার, অক্সিজেন এবং জলের শতকরা সংযুতি বাহির কর।

সোদক সোডিয়াম সলফেটের আণবিক ওজন =

$2 \times 23 + 32 + 4 \times 16 + 10 \times 18 = 46 + 32 + 64 + 180 = 322$

অতএব 322 পরিমাণ সোদক সোডিয়াম সলফেটে 46 পরিমাণ সোডিয়াম, 32 পরিমাণ সলফার, 64 পরিমাণ (জলের অক্সিজেন ছাড়া) অক্সিজেন এবং 180 পরিমাণ জল আছে।

অতএব শতকরা সোডিয়ামের পরিমাণ $= \dfrac{46 \times 100}{322} = 14{\cdot}28$

শতকরা সলফারের পরিমাণ $= \dfrac{32 \times 100}{322} = 9{\cdot}94$

" অক্সিজেনের পরিমাণ $= \dfrac{64 \times 100}{322} = 19{\cdot}88$

" জলের পরিমাণ $= \dfrac{180 \times 100}{322} = 55{\cdot}90$

বিশেষ দ্রষ্টব্য :—পদার্থটিতে সমগ্র অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ বাহির করিতে হইলে 322 পরিমাণ সোদক সোডিয়াম সলফেটে মোট অক্সিজেনের পরিমাণ 64+160=224 হইবে।

অতএব শতকরা মোট অক্সিজেনের পরিমাণ$=\frac{224\times100}{322}=69\cdot56$

এবং শতকরা হাইড্রোজেনের পরিমাণ$=\frac{20\times100}{322}=6\cdot21$।

(2) Calculate the percentage of phosphorus pentoxide in calcium phosphate.

(২) ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটে ফসফোরাস পেণ্টঅক্সাইডের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটের আণবিক সংকেত $Ca_3(PO_4)_2$.

উহার আণবিক ওজন$=3\times40+2\times(31+4\times16)$

$=120+2\times95=120+190=310$।

ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটের অণুতে ফস্‌ফোরাস পেণ্টঅক্সাইডের অণু একটিমাত্র আছে, কারণ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটকে $3CaO,\ P_2O_5$ ভাবে দেখান যাইতে পারে।

P_2O_5-এর আণবিক ওজন$=2\times31+5\times16=62+80=142$।

অতএব 310 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেটে 142 ভাগ ফসফোরাস পেণ্টঅক্সাইড থাকে।

অতএব, P_2O_5-এর শতকরা পরিমাণ$=\frac{142\times100}{310}=45\cdot8$।

(3) How much aluminium is there in 100 grams of alum. [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$]

(৩) একশত গ্রাম অ্যালমে [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] কতখানি অ্যালুমিনিয়াম আছে? [K=39, Al=27, S=32, O=16, H=1।]

অ্যালমের আণবিক ওজন$=2\times39+32+4\times16+2\times27+3\times(32+4\times16)+24\times(2\times1+16)=78+32+64+54+288+432=948$

অতএব, 948 ভাগ অ্যালমে 54 ভাগ অ্যালুমিনিয়ম আছে।

$\therefore$ অ্যালুমিনিয়মের শতকরা পরিমাণ$=\frac{54\times100}{948}=5\cdot7$।

অতএব একশত গ্রাম অ্যালমে 5·7 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ম থাকে।

এইভাবে যে-কোন যৌগের আণবিক ওজন বাহির করিয়া তাহাতে কি পরিমাণ নির্ণেয় মৌল বা যৌগমূলক বা তাহারই উৎপাদক কোন আংশিক যৌগ বর্তমান, তাহা নির্ধারণ করিয়া 100 ভাগ যৌগে কতটা নির্ণেয় মৌল ইত্যাদি থাকে গণনা দ্বারা তাহা বাহির করা হয়।

পদার্থের শতকরা সংযুতি হইতে স্থূল সংকেত (Empirical Formula) নির্ণয় :—কোন একটি পদার্থের শতকরা সংযুতি দেওয়া থাকিলে আমরা তাহার 100 ভাগের ভিতর তাহার উপাদান মৌলগুলি কতভাগ বর্তমান আছে তাহা জানিতে পারি। প্রত্যেক মৌলের শতকরা পরিমাণকে সেই সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন দিয়া ভাগ করিলে সেই সেই মৌলের পারমাণবিক অনুপাত পাওয়া যাইবে। কিন্তু সেই অনুপাতগুলি সাধারণতঃ পূর্ণ সংখ্যা না হইয়া ভগ্নাংশ হইয়া থাকে। এক্ষণে যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, তাহার ভগ্নাংশ কোন যৌগে থাকিতে পারে না। সেইহেতু উক্ত ভগ্নাংশগুলি পূর্ণ সংখ্যায় প্রকাশ করিবার জন্য তাহাদের মধ্যে সর্বনিম্ন ভগ্নাংশ দিয়া প্রত্যেকটি পরমাণুর অনুপাতকে ভাগ দেওয়া হয়। তখন পূর্ণ সংখ্যায় পারমাণবিক অনুপাত পাওয়া যায়। সেই অনুপাত হইতে পদার্থটির যে সংকেত লেখা হয়, তাহাকে স্থূল সংকেত বলে। আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের কোনও গুণিতক হয়। অণুর সঠিক সংকেত বাহির করিতে হইলে পদার্থটির আণবিক ওজন জানা দরকার। তখন পদার্থটির স্থূল সংকেত অনুসারে অণুর ওজন কত হয় তাহা বাহির করিয়া যথার্থ আণবিক ওজন তাহার কতগুণ তাহা স্থির করা হয়। এই গুণিতক একটি পূর্ণসংখ্যা হয়। উক্ত পূর্ণসংখ্যা দ্বারা প্রত্যেক পারমাণবিক অনুপাতকে গুণ করিয়া সঠিক অণুর সংকেত (Molecular formula) লেখা হইয়া থাকে। উদাহরণ দ্বারা ইহা বিশদভাবে আলোচিত হইল।

Examples

(1) A compound has the following percentage composition :—K=56·52%, C=8·70% and O=34·78%. The atomic weight of K is 39, of C, 12 and of O, 16. Find the formula of the compound.

উদাহরণ। (১) একটি যৌগিক পদার্থের শতকরা উপাদান হইল, পটাসিয়াম —56·52%, কার্বন—8·70% এবং অক্সিজেন—34·78%। ইহাদের পরমাণুর ওজন যথাক্রমে K=39, C=12 এবং O=16। যৌগিক পদার্থটির সংকেত কি ?

যৌগে পটাসিয়ামের পরমাণু-সংখ্যা $=\frac{56.52}{39}=1.45$

" কার্বনের " " $=\frac{8.70}{12}=.725$

" অক্সিজেনের " " $=\frac{34.78}{16}=2.174$

যেহেতু পরমাণুর ভগ্নাংশ হইতে পারে না, সেইহেতু উপরের পরমাণুর সংখ্যা-গুলিকে সর্বনিম্ন পরমাণু-সংখ্যা দ্বারা ভাগ করা হইল। তাহাতে পটাসিয়ামের পরমাণু সংখ্যা $=\frac{1\cdot45}{\cdot725}=2$, কার্বনের পরমাণু-সংখ্যা $=\frac{\cdot725}{\cdot725}=1$, এবং অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা $=\frac{2\cdot174}{\cdot725}=3$ হইল।

অতএব পদার্থটির স্থূল সংকেত $=K_2CO_3$.

(2) A compound, on analysis, is found to contain K=44·82% and S=18·4%. What is the empirical formula of the compound ?
[K=39, S=32, and O=16]

(২) একটি যৌগিক পদার্থে পটাসিয়াম 44·82%, এবং সলফার 18·4% আছে। উহার স্থূল সংকেত কি হইবে ? [K=39, S=32 এবং O=16].

পটাসিয়াম ও সলফারের শতকরা সংযুতি যোগ করিলে 100 হয় না। 100 হইতে বাকী যাহা থাকে তাহা অক্সিজেনের শতকরা সংযুতি।

অতএব অক্সিজেন উক্ত যৌগিক পদার্থটিতে শতকরা 100−(44·82+18·4) বা 36·78 ভাগ আছে।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :**—শতকরা হিসাব হইতে কোন পদার্থের সংকেত বাহির করিতে দিলে আগে দেখিয়া লইতে হইবে যে, শতকরা সংযুতিগুলি যোগ করিয়া 100 ভাগ হয় কিনা। যাহা 100 হইতে কম পড়িবে তাহা অক্সিজেনের শতকরা সংযুতি বুঝিতে হইবে। ইহার কারণ অক্সিজেনের পরিমাণ পরীক্ষাদ্বারা সাক্ষাৎভাবে স্থির করা যায় না।]

এক্ষণে পটাসিয়ামের পরমাণু-সংখ্যা $=\frac{44\cdot82}{39}=1\cdot15$

সলফারের " " $=\frac{18\cdot4}{32}=0\cdot57$

অক্সিজেনের " " $=\frac{36\cdot78}{16}=2\cdot29$

পূর্বের মত নিম্নতম ভগ্নাংশ দ্বারা প্রত্যেক পরমাণু-সংখ্যাকে ভাগ দিয়া আমরা পাই

পটাসিয়ামের পরমাণু-সংখ্যা $=\frac{1\cdot15}{0\cdot57}=2$

সলফারের " " $=\frac{0\cdot57}{0\cdot57}=1$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যায় প্রকাশ করিয়া)

অক্সিজেনের " " $=\frac{2\cdot29}{0\cdot57}=4$

অতএব পদার্থ টির স্থূল-সংকেত হইবে K_2SO_4.

(3) A compound has the following percentage composition :— Na=14·31%, S=9·97%, H=6·25%, O=69·47%. Determine the molecular formula of the compound, considering all the hydrogen present in the compound to be in combination with oxygen, as the water of crystallisation.

[Na=23, S=32, H=1, O=16]

(৩) কোন একটি যৌগিক পদার্থে সোডিয়াম—14·31%, সলফার—9·97%, হাইড্রোজেন—6·25%, অক্সিজেন—69·47% আছে। ইহাতে সমস্ত হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কেলাস-জলরূপে বর্তমান। ইহার আণবিক সংকেত কি হইবে? [Na=23, S=32, H=1, O=16].

এই যৌগিক পদার্থে মৌলসমূহের পারমাণবিক অনুপাত যথাক্রমে

$$Na - \frac{14·31}{23} = 0·62 \qquad S - \frac{9·97}{32} = 0·31$$

$$H - \frac{6·25}{1} = 6·25 \qquad O - \frac{69·47}{16} = 4·34$$

যেহেতু পরমাণুর ভগ্নাংশ হইতে পারে না, সেইহেতু উক্ত অনুপাতের ভিতর নিম্নতম সংখ্যা 0·31 দিয়া প্রত্যেকটিকে ভাগ করিয়া পাওয়া গেল

$$Na - \frac{0·62}{0·31} = 2 \qquad S - \frac{0·31}{0·31} = 1$$

$$H - \frac{6·25}{0·31} = 20 \qquad O - \frac{4·34}{0·31} = 14$$

(আসন্ন পূর্ণসংখ্যায় প্রকাশ করা হইলে)

অতএব পদার্থ টির স্থূল সংকেত হইবে $Na_2SH_{20}O_{14}$। কিন্তু ঐ সংকেতে 20 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে এবং তাহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কেলাস-জলরূপে যুক্ত আছে। এক্ষণে 20 পরমাণু হাইড্রোজেন 10 পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 10 অণু জল উৎপন্ন করিতে পারে।

অতএব পদার্থটির সংকেত হইবে $Na_2SO_4, 10H_2O$.

(4) A compound has the following percentage composition, C=10·04%, Cl=89·12% and H=0·84%. Its molecular weight is 119·50. Calculate the molecular formula of the compound.

[C=12, Cl=35·5, H=1]

(৪) কোনও একটি যৌগে কার্বন—10·04%. ক্লোরিণ—89·12% এবং হাইড্রোজেন—0·84% বর্তমান। তাহার অণুর ওজন 119·50। পদার্থটির আণবিক সংকেত স্থির কর। [C=12, Cl=35·5, H=1].

পদার্থটিতে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক অনুপাত হইবে

কার্বন—$\frac{10·04}{12}$=0·837 ক্লোরিণ—$\frac{89·12}{35·5}$=2·51 হাইড্রোজেন—$\frac{0·84}{1}$=0·84

যেহেতু পরমাণু-সংখ্যা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, সেইহেতু উপরের অনুপাতের সংখ্যাগুলিকে তাহাদের ভিতর সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া পাওয়া যায়—

কার্বন—$\frac{·834}{·84}$=1
ক্লোরিণ—$\frac{2·51}{0·84}$=3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা মান গ্রহণ করিয়া)
হাইড্রোজেন—$\frac{0·84}{0·84}$=1

অতএব পদার্থটির স্থূল-সংকেত হইবে $CHCl_3$. উহার আণবিক সংকেত হইবে $(CHCl_3)_x$, যেখানে x একটি পূর্ণসংখ্যা। এই x বাহির করিতে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়। আমরা জানি পদার্থটির আণবিক ওজন=119·50,

∴ $(CHCl_3)x$=119·50। অথবা $(12+1+3\times35·5)x$=119·50

অথবা $(119·5)x$=119·50

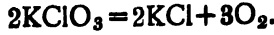
∴ x=1 এবং পদার্থটির আণবিক সংকেতও $CHCl_3$.

রাসায়নিক সমীকরণ হইতে ওজন সম্পর্কিত গণনা (Calculations from Chemical equations involving weight only) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যখনই কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয় তখনই আমরা সেই সমীকরণ হইতে বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণকারী পদার্থগুলির ওজনের পরিমাণ এবং যে সকল পদার্থ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় তাহাদের ওজনের পরিমাণও জানিতে পারি (পৃঃ 45)।

এখানেও একটি উদাহরণ দিয়া উক্তিটি বুঝান হইতেছে। আমরা জানি যে, পটাসিয়াম ক্লোরেটকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায় এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড কঠিন অবস্থায় পড়িয়া থাকে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না।

সমীকরণ দ্বারা এই প্রক্রিয়াটি লেখা হয়

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2.$$

পদার্থগুলির ওজন তাহাদের নীচে লিখিলে নিম্নলিখিতরূপ দাঁড়ায়,

$2\,(39+35{\cdot}5+3\times16)$ $\quad 2\,(39+35{\cdot}5)$ $\quad 3\times(16\times2)$

অথবা $2\times122{\cdot}5$ $\quad 2\times74{\cdot}5$ $\quad 3\times32$

অতএব উপরের সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে, $2\times122{\cdot}5$ ভাগ ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে $2\times74{\cdot}5$ ভাগ ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া থাকে এবং 3×32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এখন যদি প্রশ্ন হয় যে, 10 ভাগ ওজনের অক্সিজেন পাইতে হইলে কতখানি পটাসিয়াম ক্লোরেট লওয়া প্রয়োজন, তাহা হইলে ঐকিক নিয়ম প্রয়োগ করিয়া পাওয়া যাইবে যে, $\frac{2\times122{\cdot}5}{3\times32}\times10$ ভাগ পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন হইবে।

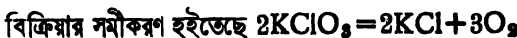
এই প্রকারের গণনা করিতে হইলে সর্বপ্রথম রাসায়নিক বিক্রিয়াটি পুরাপুরি জানা প্রয়োজন। তাহার পর তাহা নির্ভুল সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করিতে হইবে। তাহার পর বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণকারী পদার্থগুলির ওজন এবং যে পদার্থটি বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় তাহার ওজন সমীকরণের নিম্নে লিখিয়া লইতে হইবে। তাহার পর ঐকিক নিয়ম প্রয়োগ করিয়া গণনা দ্বারা যাহার ওজন বাহির করা প্রয়োজন তাহা বাহির করিতে হইবে। নিম্নের উদাহরণগুলি হইতে গণনার প্রক্রিয়াটি সম্যক্‌ভাবে বুঝা যাইবে। ওজনগুলি সাধারণতঃ গ্রামে প্রকাশ করা হয়।

Examples :

(1) How much oxygen can be obtained by heating 5 grams of potassium chlorate ?

উদাহরণ :—

(১) 5 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে কতখানি অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতেছে $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2\times122{\cdot}5$ $\quad 3\times32$

এবং ইহা হইতে আমরা জানিতে পারি যে, $2\times122{\cdot}5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে 3×32 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

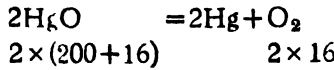
অতএব 5 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলে

$\frac{3\times32}{2\times122\cdot5}\times5$ গ্রাম বা 1·96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

(2) How much mercuric oxide will be required to get 10 grams of oxygen ?

(২) 10 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে কতখানি মার্কিউরিক অক্সাইড প্রয়োজন হইবে ?

তাপ-প্রয়োগে মার্কিউরিক অক্সাইডের যে পরিবর্তন হয়, তাহা সমীকরণে প্রকাশ করিলে দাঁড়ায়

$$2HgO = 2Hg + O_2$$
$$2\times(200+16) \qquad 2\times16$$

সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে, 2×16 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে 2×216 গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

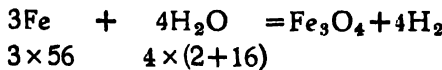
অতএব 10 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে হইলে

$\frac{2\times216}{2\times16}\times10$ বা 135 গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড প্রয়োজন হইবে।

(3) What weight of iron can be converted into its oxide by 18 grams of steam ?

(৩) 18 গ্রাম ফুটন্ত জলের বাষ্প কতখানি লৌহকে আয়রণ অক্সাইডে রূপান্তরিত করিতে পারে ?

সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করিলে রাসায়নিক প্রক্রিয়াটি দাঁড়ায়

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$
$$3\times56 \qquad 4\times(2+16)$$

উপরে লিখিত সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে 4×18 গ্রাম জলের বাষ্প 3×56 গ্রাম লৌহকে তাহার অক্সাইডে পরিবর্তিত করিতে পারে।

অতএব 18 গ্রাম জলের বাষ্প $\frac{3\times56}{4\times18}\times18$ গ্রাম বা 42 গ্রাম লৌহকে তাহার অক্সাইডে রূপান্তরিত করিতে পারিবে।

(4) How much zinc will be required to produce 4·78 gram of hydrogen ?

(৪) 4·78 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপাদন করিতে কত জিঙ্ক দরকার হইবে ?

রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইল

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$65{\cdot}5 \qquad\qquad\qquad 2 \times 1$$

উপরের সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে, 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 65·5 গ্রাম জিঙ্ক দরকার হয় ;

অতএব 4·78 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে

$65{\cdot}5 \times 4{\cdot}78$ গ্রাম বা 156·55 গ্রাম জিঙ্ক প্রয়োজন হইবে।

Questions

1. Calculate the percentage composition of sulphuric acid (H_2SO_4).

[*Ans.* H=2·0408, S=32·6530, O=65·3062]

১। সলফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) শতকরা সংযুক্তি বর্ণনা কর।

[উত্তর : H=২·০৪০৮, S=৩২·৬৫৩০, O=৬৫·৩০৬২]

2. Calculate the percentage composition of potassium chlorate ($KClO_3$), K=39·1.

[*Ans.* K=31·89, Cl=28·95, O=39·16].

২। পটাসিয়াম ক্লোরেটের ($KClO_3$) শতকরা সংযুক্তি গণনা করা। (K=৩৯·১)।

[উত্তর : K=৩১·৮৯, Cl=২৮·৯৫, O=৩৯·১৬]

3. Calculate the percentage amount of P_2O_5 in sodium phosphate crystal (Na_2HPO_4, $12H_2O$). [*Ans.* 19·83%].

৩। সোডিয়াম ফসফেটের কেলাসে (Na_2HPO_4, $12H_2O$) শতকরা কতখানি P_2O_5 আছে, তাহা হিসাব করিয়া বাহির কর। [উত্তর : ১৯·৮৩%]

4. What is the amount of ammonia (NH_3) present in 100 grams of ammonium sulphate ? [*Ans.* 25·76 grams]

৪। ১০০ ভাগ অ্যামোনিয়াম সলফেট–এ [$(NH_4)_2SO_4$] কতখানি অ্যামোনিয়া (NH_3) আছে [উত্তর : ২৫·৭৬ ভাগ]

5. A compound has the following percentage composition :—

O=58·52, H=2·48, S=39.

What is the empirical formula of the compound ? .. . H_2SO_3]

৫। একটি যৌগিক পদার্থের শতকরা সংযুতি হইল O=৫৮·৫২, H=২·৪৮, S=৩৯। পদার্থটির স্থূল সংকেত কি হইবে? [উত্তর : H_2SO_4]

6. The percentage composition of a compound is as follows :—

Na=14·41, Sb=25·05, S=26·72, H_2O=33·82.

Find out the empirical formula of the substance.

(Na=23, Sb=120, S=32, O=16, H=1)

[*Ans.* $Na_3SbS_4, 9H_2O$]

৬। একটি যৌগিক পদার্থের শতকরা সংযুতি নিম্নে দেওয়া হইল। তাহার স্থূলসংকেত বাহির কর।

Na=১৪·৪১, Sb=২৫·০৫, S=২৬·৭২, জল=৩৩·৮২।

[Na=২৩, Sb=১২০, S=৩২, O=১৬, H=১]

[উত্তর : $Na_3SbS_4, 9H_2O$]

7. On analysis a compound was found to contain Hydrogen 9·09% and Carbon 54·54%. If the molecular weight of the compound be 88, find the molecular weight of the substance. [*Ans.* $C_4H_8O_2$]

৭। একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, তাহাতে হাইড্রোজেন শতকরা ৯·০৯ ভাগ এবং কার্বন ৫৪·৫৪ ভাগ আছে। যৌগিক পদার্থটির আণবিক ওজন ৮৮ হইলে তাহার আণবিক সংকেত কি হইবে? [উত্তর : $C_4H_8O_2$]

8. A gaseous compound has the following percentage composition :—

C=85·71, H=14·29

Its molecular weight is 28. What is the molecular formula of the compound? [*Ans.* C_2H_4]

৮। একটি গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের শতকরা সংযুতি হইল C=৮৫·৭১ এবং H=১৪·২৯। ইহার আণবিক ওজন হইল ২৮, পদার্থটির আণবিক সংকেত কি হইবে?

[উত্তর : C_2H_4]

9. What is the amount of copper present in 100 grams of cupric oxide? (Cu=63·5) [*Ans.* 79·87]

৯। ১০০ গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড হইতে কত পরিমাণ তামার পাওয়া যাইবে? (Cu=৬৩·৫)।

[উত্তর : ৭৯·৮৭]

10. A colourless crystalline compound has the following percentage composition: sulphur, 24·24 per cent., nitrogen, 21·21 per cent., hydrogen, 6·06 per cent.; the rest is oxygen. Determine the empirical formula of the compound. Give the name of the compound if the molecular formula be the same as the empirical formula and if it is found to be a sulphate.

What will happen if the compound is heated with a concentrated solution of sodium hydroxide? Give equation.

[At wts.:—S=32, N=14]

[W. B. H. S, Science, 1961]

[*Ans* $(NH_4)_2SO_4$].

১০। একটি বর্ণহীন কেলাসিত কঠিনের নিম্নলিখিত শতকরা সংযুতি দেখা গেল: সলফার ২৪·২৪%, নাইট্রোজেন, ২১·২১%, হাইড্রোজেন, ৬·০৬% এবং বাকি অক্সিজেন। যৌগটির স্থূলসংকেত নির্ণয় কর। যদি যৌগটির আণবিক সংকেত ও স্থূলসংকেত একই হয় এবং উহা একটি সলফেট হয়, তবে যৌগটির নাম বল।

যৌগটিকে গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে? সমীকরণ দাও। পারমাণবিক ওজন: S=৩২, N=১৪)। [উত্তর: $(NH_4)_2SO_4$]

11. Hydrogen, sufficient to combine with oxygen obtained from 30 grams of potassium chlorate, is generated by the action of zinc on sulphuric acid solution. How much zinc is required for the purpose?

(K=39, Zn=65, Cl=35·5) [*Ans.* 47·75 grams]

১১। ৩০ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে যত অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহার সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হওয়ার জন্ত হাইড্রোজেন জিঙ্কের উপর সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করিয়া উৎপন্ন করা হইল। তাহাতে কত জিঙ্ক দরকার হইল? (K=৩৯, Zn=৬৫, Cl=৩৫·৫)। [উত্তর: ৪৭·৭৫ গ্রাম]

12. Find the ***minimum*** weight of iron required to produce 50 grams of hydrogen? (Fe=56) [*Ans.* 1050 grams]

১২। ৫০ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে হইলে সবচেয়ে কম কত পরিমাণ লোহ দরকার হইবে? (Fe=৫৬) [উত্তর: ১০৫০ গ্রাম]

13. How much potassium chlorate will be required to produce the same quantity of oxygen as is obtained by heating 200 grams of mercuric oxide?

(K=39, Cl=35·5, O=16, Hg=200) [*Ans.* 37·808 grams]

১৩। ২০০ গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিতে হইবে? (K=৩৯, Cl=৩৫.৫, O=১৬, Hg=২০০)। [উত্তর : ৩৭.৮০৮ গ্রাম]

14. Find out the relative weights of potassium chlorate and barium peroxide which will liberate equal amounts of oxygen.

(At. wts. of K=39, Ba=137·36)

[*Ans.* 1 : 4·139]

১৪। পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং বেরিয়াম পার-অক্সাইডের যে যে ওজন একই ওজনের অক্সিজেন উৎপাদিত করিবে তাহার অনুপাত নির্ণয় কর।

পারমাণবিক ওজন K=৩৯, Ba=১৩৭.৩৬) [উত্তর : ১ : ৪.১৩৯]

পরিভাষা

Absolute alcohol—নির্জলা কোহল
Absorbent—বিশোষক
Action—ক্রিয়া
Acid—অম্ল, অ্যাসিড
—,Monobasic—একক্ষারীয়
—,Dibasic—দ্বিক্ষারীয়
Active—সক্রিয়
Affinity—আসক্তি
Air-oven—বায়ু-চুল্লী
Air-tight—বায়ু-নিরোধী
Alcohol—কোহল
Alkali—ক্ষার
Alkaline—ক্ষারীয়
Allotropy—বহুরূপতা
Alloy—সংকর ধাতু
Alum—ফটকিরি
Amalgam—পারদ-সংকর
Amorphous—অনিয়তাকার, অনিবন্ধী
Analysis—বিশ্লেষণ
—,Gravimetric—তৌলিক
—,Volumetric—আয়তনিক
—,Quantitative—মাত্রিক
Anhydride—নিরুদক
Anhydrous—অনার্দ্র
Annealing—কোমলায়ন
Aqueous—জলীয়
Astringent—কষায়
Atmosphere—বায়ুমণ্ডল
Atom—পরমাণু
Atomic—পারমাণবিক
Atomic weight—পারমাণবিক ওজন

Balance—তুলা
Base—ক্ষারক
—,Monacid—একাম্লগ্রাহী
—,Diacid—দ্বি-অম্লগ্রাহী
Basic—ক্ষারকীয়
Basic salt—ক্ষার-লবণ
Basin—বেসিন, খর্পর
Bee-hive shelf—মধুকোষ পীঠ
Bell metal—কাঁসা
Bivalent—দ্বিযোজী
Blast furnace—মারুত-চুল্লী
Bleaching—বিরঞ্জন
Blow-pipe—বাঁকানল
Blowpipe flame—ফুংশিখা
Blue Vitriol—তুঁতে
Boiling—স্ফুটন, ফোটা
Brine—লবণের দ্রবণ
Brittle—ভঙ্গুর
Bulb—কুণ্ড
Bubble—বুদবুদ
By-product—উপজাত
Calcination—ভস্মীকরণ
Calx—ভস্ম
Catalysis—অনুঘটন
Catalyst—অনুঘটক
Caustic—বিদাহী
Chalk—খড়ি
Change—রূপান্তর, পরিবর্তন
Chemical—রাসায়নিক
Chemistry—রসায়ন
—, Analytical—বৈশ্লেষিক
—, Applied—ফলিত

Chemistry—রসায়ন
—, Physical—ভৌত
—, Practical—ব্যবহারিক
Cinnabar—হিঙ্গুল, চীনা সিন্দুর
Clamp—বন্ধনী
Coagulation—তঞ্চন
Coaltar—আল্কাতরা
Combining weight—যোজনভার
Compound—যৌগ, যৌগিক
Combustible—দাহ্য
Combustion—দহন
Composition—সংযুতি
Concentration—গাঢ়তা
Constituent—উপাদান
Conical—শাঙ্কব
Copper—তাম্র, তামা
Copper turnings—তামার ছিবড়া
Cork—ছিপি
Corrosive Sublimate—রসকর্পূর
Convex—উত্তল
Concave—অবতল
Crystal—কেলাস, স্ফটিক
Crystalline—কেলাসিত
Crystallisation—কেলাসন
Crucible—মূচি, মূষা
Cylinder—চোঙ
Corundum—কুরুবিন্দ
Decantation—আস্রাবণ
Desiccator—শোষকাধার
Decomposition—বিয়োজন
Decoction—ক্বাথ
Decolorization—বিরঞ্জন
Dehydration—নিরুদন
Delivery tube—নির্গম-নল
Deliquescence—উদগ্রহ
Deliquescent—উদগ্রাহী

Density—ঘনত্ব
Destructive distillation—অন্তর্ধূমপাতন
Detonation—বিস্ফোরণ
Diamond—হীরক
Diffusion—ব্যাপন
Dilute—লঘূকরণ
Distillation—পাতন
Distillate—পাতিত দ্রব্য
Disinfectant—বীজঘ্ন
Double decomposition—পরিবর্ত
Double salt—দ্বিধাতুক লবণ
Dry test—শুষ্ক পরীক্ষা
Dye—রঞ্জক
Ebullition—স্ফোটন
Effervescence—বুদ্বুদন
Efflorescence—উদত্যাগ
Electrolysis—তড়িৎ-বিশ্লেষণ
Element—মৌল, মৌলিক পদার্থ
—, Electronegative—ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত
—, Electropositive—ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত
Elementary—মৌলিক
Emulsion—অবদ্রব
Enamel—মিনা
Energy—শক্তি
Equivalent—তুল্যাঙ্ক
Essential oil—উদ্বায়ী তৈল
Evaporation—বাষ্পীভবন, বাষ্পীকর
Extraction—নিষ্কাশন
Experiment—পরীক্ষা
Explosion—বিস্ফোরণ
Explosive—বিস্ফোরক
Fat—চর্বি, স্নেহদ্রব্য
Fatty—স্নেহময়

Ferment—খমির
Fertilizer—সার
Filtration—পরিস্রাবণ
Filtrate—পরিস্রুৎ
Fireproof—অগ্নিসহ
Flame, oxidising—জারক শিখা
Flame, reducing—বিজারক শিখা
Flash-point—জ্বলনাঙ্ক
Flask, distillation—পাতন ফ্লাস্ক
Flocculent—পিঞ্জবৎ, থকথকে
Floating—ভাসমান
Formula—সংকেত
Freezing point—হিমাঙ্ক
Fruit sugar—ফল-সর্করা
Fuel—ইন্ধন
Furnace—চুল্লী
Fusion—গলন
Galena—সীসাঞ্জন
Gas—গ্যাস
Gaseous—গ্যাসীয়
Gangue—খনিজ মল
Glass—কাচ
Glass rod—কাচ-দণ্ড
Glass tube—কাচ নল
Glaze—চিক্কণ-লেপ
Gold—স্বর্ণ
Graduation—অংশাঙ্কন
Gram-atom—গ্রাম-পরমাণু
Grape sugar—দ্রাক্ষা-শর্করা
Green Vitriol—হিরাকস
Graphite—কৃষ্ণসীস, গ্রাফাইট
Gray—ধূসর
Hard water—খর জল
Hardness—খরতা
Homogeneous—সমসত্ব
Heterogeneous—অসমসত্ব
Hygroscopic—জলাকর্ষী
Hydrated—সোদক
Ignition—জ্বলন
Inorganic—অজৈব
Incandescent—ভাস্বর
Inert, inactive—নিষ্ক্রিয়
Indicator—সূচক
Indigo—নীল
Inflammable—দাহ্য
Ingredient—উপাদান
Insoluble—অদ্রাব্য
Iron—লৌহ, লোহা
—, Cast—ঢালাই লোহা
—, Soft—কাঁচা বা নরম লোহা
Iron, Wrought—পেটা লোহ
Isomorphous—সমাকৃতি
Jacket-tube—কঞ্চুক
Lac—লাক্ষা, গালা
Lampblack—ভুসা
Lather—ফেনা
Law—নিয়ম, সূত্র
Layer—স্তর
Lead—সীসক, সীসা
Lime—চুন
Lime water—চুনের জল
Limestone—চুনাপাথর
Liquefaction—তরলীকরণ, তরলীভবন
Litharge—মুদ্রাশঙ্খ
Lixiviation—দ্রাবণ
Monovalent—একযোজী
Mass—ভর
Marble—মারবেল, মর্মর
Matter—জড়

Mechanical Mixture —সাধারণ মিশ্রণ
Melting point—গলনাঙ্ক
Mercury—পারদ
Metal—ধাতু
Metal, Noble—বরধাতু
Metallic—ধাতব
Metalloid—ধাতুকল্প
Metallurgy—ধাতুবিদ্যা
Mica—অভ্র
Milk of lime—চুনের গোলা।
Mine—খনি
Mineral—খনিজ
Mineral water—খনিজ জল
Minium—সীস সিন্দুর
Mixture—মিশ্রণ
Molecule—অণু
Molecular—আণবিক
Molecular formula—আণবিক সংকেত
Mortar—খল
Nascent—জায়মান
Neutral salt—প্রশম লবণ
Neutralisation—প্রশমন
Neutral—প্রশমিত
Nitre—সোরা
Non-metal—অধাতু
Occlusion—অন্তর্ধৃতি
Ore—আকরিক
Organic—জৈব
Orpiment—হরিতাল
Osmosis—অভিস্রবণ
Oxidation—জারণ
Oxidising agent—জারক দ্রব্য
Physical property—ভৌত গুণ বা ধর্ম
Percolation—অনুস্রবণ
Pigment—রঞ্জক
Plating—ধাতুলেপন
Plastic—নমনীয়
Precipitate—অধঃক্ষেপ
Precipitation—অধঃক্ষেপণ
Putrefaction—পচন
Pyrites—মাক্ষিক
Quartz—স্ফটিক
Quicklime—পাথুরে চুন
Radical—মূলক
Radical-Compound—যৌগমূলক
Radio-active—তেজস্ক্রিয়
Reaction—ক্রিয়া
Reactant—বিকারক
Reagent—বিকারক
Realgar—মোমছাল, মনঃশীলা
Receiver—গ্রাহক
Rectified spirit—শোধিত কোহল
Red-hot—লোহিত-তপ্ত
Reduction—বিজারণ
Retort—বকযন্ত্র, রিটর্ট
Resin—রজন
Ring—আংটা
Residue—অবশেষ
Ruby—পদ্মরাগ, চুনি
Rust—মরিচা
Salammoniac—নিশাদল
Saline—লাবণিক
Salt—লবণ
—, Basic—ক্ষার-লবণ
—, Common—খাদ্য লবণ
—, Complex—জটিল „
—, Double—দ্বিধাতুক লবণ
—, Neutral—প্রশম „

Salt, Normal—পূর্ণ
Sandstone—বেলে পাথর
Saponification—সাবানী-ভবন
Saturated—সংপৃক্ত
Supersaturated—অতিপৃক্ত
Saturation—সংপৃক্তি
Sediment—কল্ক, গাদ
Silent electric discharge —শব্দহীন তড়িৎ-স্ফুরণ
Silver—রূপা
Slag—ধাতুমল
Slaked lime—কলিচুন
Solder—ঝাল
Solid—কঠিন
Soft water—মৃদু জল
Solubility—দ্রাব্যতা
Soluble—দ্রবণীয়
Solution—দ্রবণ, দ্রব
Solvent—দ্রাবক
Sieve—চালুনী
Smelting—বিগলন
Spirit—কোহল, স্পিরিট
Spontaneous Combustion —স্বতঃদহন
Stable—স্থায়ী
Standard Solution—প্রমাণ দ্রবণ
Standardization—প্রমিতকরণ
Starch—শ্বেতসার
Still—পাতন-যন্ত্র
Stopper—ছিপি
Sublimation—ঊর্ধ্বপাতন
Substance—বস্তু, পদার্থ
Sugar—শর্করা, চিনি
Sulphur—গন্ধক
Suspension—প্রলম্বন
Symbol—চিহ্ন
Synthesis—সংশ্লেষণ
Synthetic—সাংশ্লেষিক
Tin—রাং, রঙ্গ
Temperature—উষ্ণতা
Tempering—পাণ দেওয়া
Theory—তত্ত্ব, বাদ
Trituration—বিবর্ণন
Trivalent—ত্রিযোজী
Test-tube—পরীক্ষা-নল
Turpentine—তার্পিন
Trough—দ্রোণী
Tube—নল
Union—সংযোগ
Unsaturated—অসংপৃক্ত
Valency—যোজ্যতা
Vapour—বাষ্প
Vinegar—সিরকা
Viscous—সান্দ্র
Viscosity—সান্দ্রকতা
Volatile—উদ্বায়ী
Volume—আয়তন
Vermillion—সিন্দুর
Water-bath—জলগাহ
Water of crystallisation —কেলাস জল
Water-tight—জলনিরোধক
Wax—মোম
White Arsenic—সেঁকো
Wire-gauze—তার-জালি
Wood charcoal—কাঠ-কয়লা
Zinc—দস্তা
Zinc, granulated—দস্তার ছিবড়া

ভূমিকা

এই পুস্তকের প্রথম ভাগ এক বৎসর পূর্বে নবম শ্রেণীর সিলেবাস অনুসরণ করিয়া লেখা হয়। এইবার দ্বিতীয় ভাগ দশম শ্রেণীর জন্য অনুমোদিত সিলেবাস অনুসারে দশম শ্রেণীর ছাত্রছাত্রীদের উপযোগী করিয়া লিখিত হইল। পূর্বের পদ্ধতি অনুসারে মৌল ও যৌগ পদার্থের ইংরাজী নাম বাংলায় লিখিত হইল। পুস্তকের এই দ্বিতীয় ভাগেও যন্ত্রপাতির ইংরাজী ও বাংলা দুই প্রকার নামই ব্যবহৃত হইয়াছে এবং ছবির দ্বারা যতদূর সম্ভব তাহাদের ব্যবহার দেখান হইয়াছে। এই পুস্তক প্রণয়ন বিষয়েও ইংরাজীতে লেখা প্রামাণ্য গ্রন্থসমূহের সাহায্য লওয়া হইয়াছে। এই পুস্তকের পাণ্ডুলিপি আমার শ্রদ্ধেয় অধ্যাপক শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী মহাশয় যত্নসহকারে দেখিয়া দিয়াছেন এবং ইহার প্রকাশনে আমাকে যথেষ্ট সাহায্য করিয়াছেন। তজ্জন্য আমি তাঁহার নিকট বিশেষ কৃতজ্ঞ। এবারেও পুস্তকখানি যাহাতে ভ্রমপ্রমাদ শূন্য হয় তাহার জন্য আপ্রাণ চেষ্টা করিয়াছি, তবে কতদূর কৃতকার্য হইয়াছি তাহা সুধী শিক্ষকবৃন্দ অধ্যাপনাকালে আমাকে জানাইলে আমি বিশেষ কৃতজ্ঞ থাকিব।

পরীক্ষার মান কি প্রকারের হইবে তাহা এখনও জানা নাই। সেই কারণে পুস্তকে এমন অনেক বিষয় সন্নিবেশিত হইয়াছে যাহা হয়ত স্কুল ফাইনালের ছাত্রদের পক্ষে না জানিলেও চলিতে পারে। তবে যতদূর সম্ভব সিলেবাস অনুসারে পুস্তকখানি লেখা হইয়াছে এবং স্থানে স্থানে পরিষ্কারভাবে বিষয়টি বুঝাইবার জন্য কিছু সিলেবাস-বহির্ভূত জিনিষ স্থান পাইয়াছে। এক্ষণে পুস্তকখানির উপযোগিতা বিষয়ে বিচারের ভার সুধী শিক্ষকবৃন্দ ও সুকুমারমতি ছাত্রছাত্রীগণের উপর ন্যস্ত হইল। এবারও সুধী শিক্ষকবৃন্দের নিকট আমার সনির্বন্ধ অনুরোধ এই যে, পুস্তকখানিকে আরও উন্নততর করিবার জন্য তাঁহারা আমাকে পরামর্শ দিয়া আন্তরিক কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করিবেন। ইতি—

SYLLABUS OF CHEMISTRY

FOR

HIGHER SECONDARY EXAMINATION

CLASS—X

Course Content	*Notes*
	(D—Demonstration by teacher)
1. Hydrogen peroxide : preparation, properties and uses.	D—Apparatus for distillation under reduced pressure.
2. (a) Law of conservation of mass.	D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal, phosphorus or magnesium, as also for other types of reactions.
Laws of definite proportion and multiple proportions. Examples to illustrate the laws.	
(b) Dalton's Atomic Theory.	Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted.
3. Nitrogen and its compounds.	
(i) Ammonia—Preparation (laboratory method, as also synthesis*), properties, uses. Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid.*	*Description of commercial plants not required. Refrigeration. Visit to an ice factory.
Ammonium salts,—their uses : Oxidation in the soil.	
(ii) Sodium and Potassium nitrates. Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia); reactions of nitric acid (a) as an acid, (b) as an oxidising agent.	Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required.

Course Content	*Notes*
Nitrates ; action of heat on them.	
(iii) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of, and in relation to, nitric acid.	Detailed study of these oxides is not required
Use of nitrous oxide in anaesthesia.	
(iv) The Nitrogen cycle : necessity of using nitrogenous fertilisers.	D—Chart of the Nitrogen cycle.
3. 1. (a) Phosphorus as a chemical analogue of nitrogen.	Treatment of the contents not to exceed one page.
Preparation of phosphorus from phosphatic minerals ; white and red phosphorus.	
Tri-and pentoxide. Ortho-phosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxide) ; use of superphosphate of lime as manure.	
(b) Arsenic as another member of the same family ; use of arsenates and arsenites.	Treatment only in a short paragraph.
4. Carbon and its oxides.	
(a) Allotropic forms of carbon—uses of graphite and charcoal.	Only definition and illustration of allotropy required. D—Different allotropic forms. D--To show use of charcoal for absorbing gases, and for removing undesirable colouring matters.
(b) Chalk, limestone and marble. Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide, its properties and uses.	D—Chart of lime kiln. Simple fire-extinguishers.

Course Content	*Notes*
Carbonates and bicarbonates.	D—Washing soda and baking powder.
Composition of carbon dioxide by weight and by volume.	D—Chart or assemblage of experimental arrangement.
The Carbon Cycle. Mineral waters.	D—Chart of the Carbon or Carbon Dioxide Cycle.
(c) Carbon monoxide--preparation, properties and uses.	
5. Behaviour of gases—Boyle's Law and Charles' Law. Gas equation.	Experimental verification of these laws is not required in Chemistry.
6. Gay Lussac's Law of Gaseous Volumes.	
7. Avogadro's Law and its applications.	
(i) (a) Relation between molecular weight and vapour density.	
(b) Establishment of formulae of gases from their volumetric composition.	
(c) Determination of atomic weights of elements. Numerical problems.	
(ii) Gram molecule, gram-molecular weight. Problems.	
8. Simple calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases.	
9. Chlorine and its compounds.	
(i) (a) Sodidum chloride. Preparation and properties of hydrogen chloride; volumetric composition.	D—Apparatus for showing volumetric composition of the
Chlorides.	

Course Content	*Notes*
(b) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid, and by electrolysis of the acid and of chlorides; properties.	Only the chemistry of Weldon's and Deacon's Processes required.
(c) Bleaching powder.	Only preparation, use and formula (without discussion). D—Bromine and iodine.
(ii) Fluorine, bromine and iodine as other members of the halogen family.	
Use of aqueous hydrofluoric acid; iodine in medicine.	D—Etching of glass.
10. Sulphur and its compounds.	
(i) Sulphur: its extraction and uses.	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required.
(ii) Sulphur dioxide—Preparation; (a) by oxidation of sulphur and sulphide ores, (b) from sulphites, (c) from sulphuric acid. Properties; uses as a bleaching agent and as a preservative.	Description of burners not required.
(iii) Sulphuric acid. Chemistry of its manufacture by lead chamber process and by contact process. Its properties (a) as an acid, (b) as a dehydrating agent. Sulphates. Alum.	Descriptions of commercial plants are not required.
(iv) Hydrogen sulphide—Preparation and properties. Use as a laboratory reagent. Sulphides.	

সূচীপত্র

(দশম মানের জন্য)

রসায়নের গোড়ার কথা

দ্বিতীয় ভাগ

(দশম মানের জন্য)

দ্বাদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

(Hydrogen peroxide)

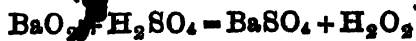
সংকেত : H_2O_2 । আণবিক ওজন—34 । আপেক্ষিক গুরুত্ব—1·47 । হিমাঙ্ক—, −1·7° সেন্টিগ্রেড ।

1819 খ্রীষ্টাব্দে ইহা থেনার্ড (Thenard) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয় ।

অবস্থান : হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অস্থায়ী বস্তু, সেই কারণে প্রকৃতিতে সাধারণতঃ ইহা পাওয়া যায় না । বায়ুতে হাইড্রোজেন পুড়িবার সময় ইহা অতি অল্প পরিমাণে উদ্ভূত হয় ।

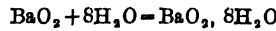
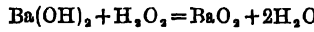
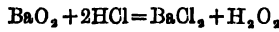
প্রস্তুতি : সাধারণতঃ বেরিয়াম পার-অক্সাইড বা সোডিয়াম পার-অক্সাইডের উপর শীতল পাতলা (dilute) খনিজ (mineral) অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ।

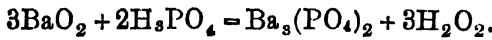
পরীক্ষাগারে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই (paste) প্রস্তুত করিয়া তাহা ধীরে ধীরে বীকারে স্থিত এবং বরফ দ্বারা শীতলীকৃত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে এরূপভাবে যোগ করা হয় যাহাতে দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড পড়িয়া থাকে । অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সলফেট হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ পরিস্রাব দ্বারা পৃথক করা হয় ।

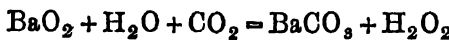
$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

পরিস্রুত দ্রবণে 5 হইতে 8% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে ।

দ্রষ্টব্য ঃ বাজারে যে বেরিয়াম পার-অক্সাইড পাওয়া যায় তাহা অনার্দ্র (anhydrous), এবং তাহার সহিত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে বেরিয়াম সলফেট এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় বটে, কিন্তু বেরিয়াম পার-অক্সাইডের উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সলফেটের আস্তরণ পড়ে বলিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া শীঘ্রই বন্ধ হইয়া যায়। সেই কারণে বাজারের বেরিয়াম পার-অক্সাইডকে প্রথমতঃ নিম্নে বর্ণিত উপায়ে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডে ($BaO_2, 8H_2O$) পরিবর্তিত করা হয়।

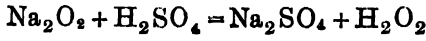
বাজারের বেরিয়াম পার-অক্সাইড চূর্ণ করিয়া একটি বীকারে স্থিত এবং বরফ দ্বারা শীতলীকৃত পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে একটু একটু করিয়া যোগ করা হয়; যখন সামান্য অ্যাসিড পড়িয়া থাকে তখন তাহাতে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ যোগ করিয়া অ্যাসিডকে প্রশমিত করা হয়। এই অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] এবং সিলিকা (SiO_2) অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুত দ্রবণকে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের সংপৃক্ত দ্রবণে যোগ করিলে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সাদা কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়।

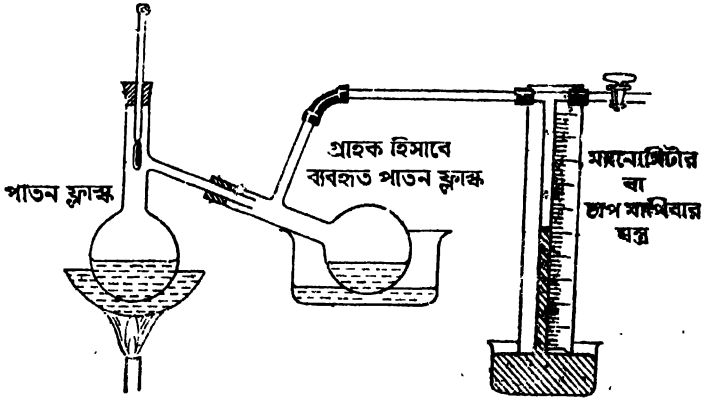
$$BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$$
$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$
$$BaO_2 + 8H_2O = BaO_2, 8H_2O$$

সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করা যায়।

$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2.$$

মার্কের পদ্ধতি (Merck's Process) ঃ বীকারে কিছুটা জল লইয়া তাহা বরফ দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। সেই ঠাণ্ডা জলে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সূক্ষ্ম চূর্ণ যোগ করা হয়। তাহার পর বীকারটিকে বরফে বসাইয়া রাখিয়াই ভালভাবে ধৌত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মিশ্রণের ভিতর দিয়া দ্রুতভাবে চালনা করা হয়। ইহাতে অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পরিস্রাবণ দ্বারা বেরিয়াম কার্বনেট অপসারণ করিলে পরিস্রুতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

মার্কের পারহাইড্রল (Merck's perhydrol) ঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 30% দ্রবণকে পারহাইড্রল বলে। ইহার শিল্প-উৎপাদন নিম্নলিখিত উপায়ে হইয়া থাকে।

·20% মাত্রার সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে বরফ দ্বারা শীতল করা হয়। তাহাতে ক্রমে ক্রমে নির্ধারিত পরিমাণ সোডিয়াম পার-অক্সাইড যোগ করা হয়।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

শৈত্যের প্রভাবে সোডিয়াম সলফেটের প্রায় $\frac{2}{3}$ অংশ $Na_2SO_4, 10H_2O$ (Glauber's salt)-এর কেলাসরূপে দ্রবণ হইতে পৃথক্ হইয়া যায়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ আস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া অনুপ্রেষ পাতন (distillation

চিত্র নং 1

in vacuo) করা হয়। শেষ পাতিত অংশ গ্রহণ করা হয় এবং ভাল ছিপিযুক্ত বোতলে ভর্তি করিয়া Merck-এর পার হাইড্রল বলিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড: (1) প্রথমতঃ, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পাতলা দ্রবণকে পোর্সিলেন বেসিনে লইয়া জলগাহে 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করা হয় যতক্ষণ না বুদ্বুদ দেখা দেয়। ইহার দ্বারা বেশী উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ঘনীভূত হয়। বুদ্বুদ দেখা দিলেই পোর্সিলেন বেসিন জলগাহ হইতে নামাইয়া লওয়া হয় এবং তখন দ্রবণে 45% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে। (2) এই দ্রবণকে কম চাপে পাতিত করা হয়। কম চাপে পাতনের ব্যবস্থা 1 নং ছবিতে দেখান হইয়াছে। একটি পাতন ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 45% দ্রবণ লইতে হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনল অন্য একটি পাতন ফ্লাস্কের মুখে ঢোকান থাকে। দ্বিতীয় পাতন ফ্লাস্কটি গ্রাহকের (receiver) কার্য করে। দ্বিতীয় ফ্লাস্কটি জলের কলের মুখে বসাইয়া ঠাণ্ডা

করা হয়। গ্রাহকের পার্শ্বনল একটি জলপাম্পের সহিত যুক্ত করা হয় এবং এই সংযোগ একটি শূন্য পরিস্রাবণ ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া করা হয়। ছবিতে এই শূন্য পরিস্রাবণ ফ্লাস্কটি দেখান হয় নাই। প্রথমে পাতন ফ্লাস্কটি একটি জলগাহে বসাইয়া 35° হইতে 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং কম চাপে পাতনক্রিয়া দ্বারা জল তাড়ানো হয়। ক্রমশঃ 70° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করা হয়। পাতন ফ্লাস্কে যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ঘন দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহা সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর বায়ুশূন্য শোষকাধারে রাখিলে জল বাষ্পীভূত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হয়। এইরূপে 100% বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম (Properties of H_2O_2) :

ভৌতিক : হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধবিশিষ্ট ঘন তরল। ইহার রং গভীরতার উপর নির্ভর করে, কম গভীর অবস্থায় ইহা বর্ণহীন, কিন্তু বেশী গভীর অবস্থায় ইহা নীলবর্ণ দেখায়। ইহা জল অপেক্ষা কম উদ্বায়ী। ইহা জলে, কোহলে এবং ইথারে দ্রাব্য। ইহার ঘনাঙ্ক 1·47 (0° সেন্টিগ্রেড)। ইহা 68 মিলিমিটার চাপে 85° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটিয়া থাকে। প্রমাণ চাপে (760 মিলিমিটার) ইহার স্ফুটনাঙ্ক 151° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু তখন ফুটাইলে বিস্ফোরণ ঘটিয়া থাকে।

রাসায়নিক : (1) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দুঃস্থিত পদার্থ এবং উত্তাপ দিলে ইহা অক্সিজেন ও জলে দ্রুত বিশ্লিষ্ট হয় : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$। এই বিশ্লেষণ অমসৃণ তলের সংস্পর্শে অথবা রক্ত, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2), স্বর্ণ (Gold) বা প্লাটিনাম (Platinum) প্রভৃতি ধাতুর অতি সূক্ষ্ম গুঁড়া যোগ করিলে অথবা আলোকরশ্মি দ্বারা ত্বরান্বিত হয়। এমন কি, রাখিয়া দিলে আপনা হইতেই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ধীরে ধীরে বিশ্লিষ্ট হয়।

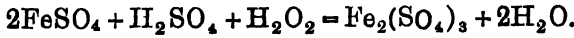
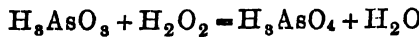
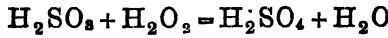
পরীক্ষা : একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ লইয়া তাহাতে সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কালো গুঁড়া যোগ কর। দেখিবে যে, সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন গ্যাস বুদ্বুদ আকারে বাহির হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4), গ্লিসারিণ, বারবিটিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি মিশাইলে উহার আপনা হইতে বিশ্লেষণ মন্দীভূত

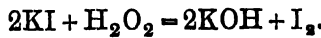
হয়। সেইজন্য বাজারে যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাতে উক্ত দ্রব্যাদি মেশানো থাকে যাহাতে H_2O_2 সহজে নষ্ট হইয়া না যায়।

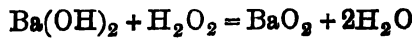
(2) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক। (ক) ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর গুঁড়া এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের গুঁড়ার মিশ্রণে বা কার্বন ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণে অথবা তুলাযুক্ত পশমে হাইড্রোজেন 'পার-অক্সাইড ঢালিয়া দিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে। (খ) ইহা কালো লেড-সলফাইডকে জারিত করিয়া সাদা লেড সলফেট উৎপন্ন করে। $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$.

পরীক্ষাঃ একখণ্ড ফিলটার কাগজ লেড অ্যাসিটেটের (Lead acetate) দ্রবণে ডুবাইয়া কিপের যন্ত্র হইতে প্রাপ্ত H_2Sএ (সলফিউরেটেড হাইড্রোজেনে) ধর। কালো রং-এর PbS ফিলটার কাগজে লাগিয়া থাকিবে। তাহার উপর হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ঢাল। কালো রং চলিয়া যাইবে এবং সাদা লেড সলফেট ফিলটার কাগজে লাগিয়া থাকিবে।

(গ) ইহা সলফিউরস অ্যাসিডকে সলফিউরিক অ্যাসিডে, আর্সেনিয়স অ্যাসিডকে আর্সেনিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিবর্তিত করে।

$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$
$$H_3AsO_3 + H_2O_2 = H_3AsO_4 + H_2O$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O.$$

(ঘ) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে

$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2.$$

(ঙ) ইহা সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও বেরিয়ামের হাইড্রক্সাইডকে তাহাদের পার-অক্সাইডে পরিণত করে।

$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$

এখানে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অম্লের মত ব্যবহার দেখা যায়। ধাতব পার-অক্সাইডগুলি ইহার লবণ। উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, যদিও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পাতলা দ্রবণ প্রশম (neutral), কিন্তু বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড লিটমাসের সহিত অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে অর্থাৎ নীল লিটমাসকে

দান করে। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, অ্যামোনিয়ার সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রো-পার-অক্সাইড, $(NH_4)HO_2$ এবং অ্যামোনিয়াম পার-অক্সাইড $(NH_4)_2O_2$ উৎপন্ন করে।

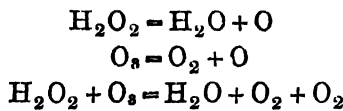
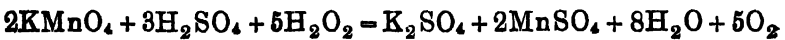
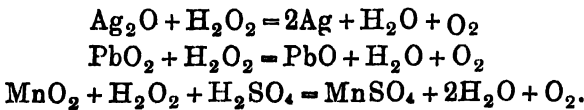
দ্রষ্টব্য ঃ বেরিয়াম পার-অক্সাইড হইল সত্যিকারের (ture) পার-অক্সাইড, কারণ ইহা শীতল ও পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে; কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) সত্যিকারের পার-অক্সাইড নয়, কারণ, ইহা কোন অবস্থাতেই অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দেয় না।

(3) **বিরঞ্জন গুণ ঃ** জারণের দ্বারা ইহা অনেক দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে। সহজে নষ্ট হইবার মত জিনিষ, যথা হাতির দাঁত, পালক, রেশম, পশম প্রভৃতি সকল সময়ে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দিয়া বিরঞ্জন করা হয়। ইহাতে ঐ সকল দ্রব্যের কোন ক্ষতি হয় না।

(4) **বিজারক ভাবেও** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সময় সময় ক্রিয়া করিয়া থাকে। কিন্তু সেই সকল রাসায়নিক ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও জারিত না হইয়া বিজারিত হয়; কতকগুলি শক্তিশালী জারকের সহিত H_2O_2-এর রাসায়নিক প্রক্রিয়া এইভাবে সংঘটিত হয়। সিলভার অক্সাইড, ওজোন, লেড পার-অক্সাইড, অ্যাসিডযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $(KMnO_4)$ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়। এই বিজারণ প্রক্রিয়ায় যে সকল দ্রব্যের নাম উল্লেখ করা হইল তাহা হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন উদ্ভূত হয় এবং এই দুই পরমাণু মিলিয়া অক্সিজেনের একটি অণু উৎপন্ন হয়। ওজোনের সহিত প্রক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে দেখান যায়।

$$H_2O_2 = H_2O + O$$
$$O_3 = O_2 + O$$
$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + O_2 + O_2$$

সেইরূপ,

$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$
$$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + H_2O + O_2$$
$$MnO_2 + H_2O_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2.$$
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী রং চলিয়া গিয়া দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অভীক্ষণ (Test) ঃ

(1) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে যোগ করিলে আয়োডিন বাহির হইয়া দ্রবণকে বাদামী রং-এ পরিবর্তিত করে। এই রাসায়নিক ক্রিয়া এমন কি ফেরাস সলফেটের উপস্থিতিতেও হইয়া থাকে। (ওজোন হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পার্থক্য)।

(2) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটে ($K_2Cr_2O_7$) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে দ্রবণের রং আকাশের মত নীল হয়। ইথার যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে ঐ নীল রং-এর দ্রবণ ইথারের সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে। কিছুক্ষণ রাখিলেই নীল ইথারের দ্রবণ সবুজ রং-এ পরিবর্তিত হয়। নীল রং-এর দ্রবণ হইল CrO_5-এর দ্রবণ, কিন্তু রাখিয়া দিলে উহা ক্রোমিক সলফেটে ভাঙ্গিয়া যাওয়ায় দ্রবণটির রং সবুজ হয়।

(3) টাইটানিয়ামের লবণের দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে দ্রবণের কমলালেবুর মত রং হয়।

(4) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুণী রং-এর দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে দ্রবণের বেগুণী রং চলিয়া গিয়া উহা বর্ণহীন হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার ঃ

(1) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলের দ্রবণ বেশী পরিমাণে ঔষধার্থে ব্যবহৃত হয় এবং বাজারে তখন ইহা পার-হাইড্রল নামে বিক্রয় হয়। ইহা বিষাক্ত ক্ষত ধৌত করিতে ব্যবহৃত হয় এবং মুখের ভিতর ধৌত করার জন্যও ব্যবহৃত হয়।

(2) পুরাতন তৈলচিত্রের রং ফিরাইয়া আনার জন্য ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। তৈলচিত্রে Pb-এর লবণ ব্যবহৃত হয়। বায়ুতে যে H_2S থাকে তাহা দ্বারা কালো PbS উৎপন্ন হইয়া তৈলচিত্রের রং কালো হইয়া যায়। সুতরাং সেই কালো তৈলচিত্রকে H_2O_2 দ্বারা পরিষ্কার করিলে কালো PbS সাদা $PbSO_4$-এ পরিণত হয় এবং তৈলচিত্রের পূর্বের রং ফিরিয়া আসে।

(3) হাতির দাঁত, পালক, রেশম ও পশম বিরঞ্জন করিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(4) ক্লোরিণ দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য হইতে ক্লোরিণ অপসারণ করিতে ক্লোরিণ-অপসারক (antichlor) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

$$H_2O_2 + Cl_2 = 2HCl + O_2$$

(5) পরীক্ষাগারে শক্তিশালী জারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

Questions

1. Describe the process for preparing hydrogen peroxide in the laboratory. What is perhydrol? State what you know about its preparation.

State what happens when hydrogen peroxide solution is added one by one to the solution of the following :—(a) potassium iodide, (b) ferrous sulphate acidified with sulphuric acid, (c) barium hydroxide. (d) potassium permanganate, acidified with sulphuric acid.

Give equation in each case.

১। পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতের প্রণালী বর্ণনা কর। পার-হাইড্রল কাহাকে বলে? ইহার প্রস্তুত প্রণালী সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির দ্রবণ লইয়া তাহাতে একে একে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ যোগ করিলে কি ঘটিয়া থাকে তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণদ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর :—(ক) পটাসিয়াম আযোডাইড, (খ) সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সলফেট, (গ) বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড, (ঘ) সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট।

2. How is hydrogen peroxide prepared? State its important properties and uses.

What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on a water bath?

২। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার বিশেষ বিশেষ ধর্ম এবং ব্যবহার উল্লেখ কর। যখন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পাতলা দ্রবণ জলগাহের উপর বাষ্পীভূত করা হয় তখন কি ঘটিয়া থাকে?

3. What procedure is followed in order to get 100% hydrogen peroxide from an ordinary solution of this substance? Describe the physical and chemical properties of hydrogen peroxide as far as possible.

৩। বিশুদ্ধ ১০০% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাইতে হইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সাধারণ দ্রবণ লইয়া কি প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়? হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্ম যতদূর সম্ভব বর্ণনা কর।

4. "Hydrogen peroxide acts both as an oxidising and a reducing agent." Discuss the statement with examples.

৪। "হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক এবং বিজারক উভয় ভাবেই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।" উদাহরণ দ্বারা এই উক্তি সমর্থিত কর।

5. "Hydrogen peroxide breaks down when heated, and oxygen and water are produced."—What experiments are to be performed in order to support this statement? Express the reaction by an equation.

৫। "হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উত্তাপে ভাঙ্গিয়া যায় এবং অক্সিজেন ও জল উৎপন্ন হয়"—এই উক্তির সমর্থনে কি কি পরীক্ষা করা প্রয়োজন? সমীকরণ দ্বারা প্রক্রিয়াটি প্রকাশ কর।

6. State what you know about the uses of hydrogen peroxide. State what happens when manganese dioxide alone and manganese dioxide along with sulphuric acid are added to hydrogen peroxide solution. Express the reactions by equations. Make out a comparative study of hydrogen peroxide and oxygen.

৬। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণে কেবল ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড যোগ করিলে যাহা ঘটিয়া থাকে তাহা বর্ণনা কর। সমীকরণদ্বারা বিক্রিয়া দুইটি প্রকাশ কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর।

7. BaO_2 is called barium peroxide, but MnO_2 is called manganese dioxide ; why ?

Describe how a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide may be prepared in the laboratory. How would you show that hydrogen peroxide (a) is an oxidisidg agent (give two reactions with equations), (b) decomposes into oxygen ?

৭। BaO_2 কে বেরিয়াম পার-অক্সাইড বলা হয়, কিন্তু MnO_2 কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বলা হয় কেন ?

পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পাতলা জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (ক) একটি জারক দ্রব্য (দুইটি সমীকরণ সমেত প্রক্রিয়ার বর্ণনা দিয়া) এবং (খ) ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন দেয় তাহা কিভাবে দেখান যায় তাহা বর্ণনা কর।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

ভরের নিত্যতা-সূত্র

(Law of Conservation of Mass)

এই সূত্রটি অপরভাবে "বস্তুর অবিনাশিতা" (**Law of Indestructibility of matter**) নামেও অভিহিত হয়।

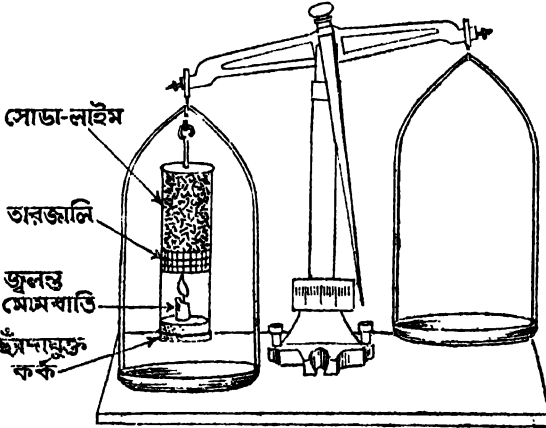
জড় অবিনশ্বর ; জড় সৃষ্টি করা যায় না অথবা তাহা বিনাশ করা যায় না। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ও পরে বিক্রিয়মান জড়ের ওজন লইলে জড়ের মোট ওজন সমান থাকে। এই পৃথিবীতে কোন প্রকারেই একটি কণা জড় সৃষ্ট বা বিনষ্ট করা যায় না।

একটি মোমবাতি যখন জ্বালাইয়া দেওয়া হয় এবং তাহা পুড়িতে থাকে, তখন স্পষ্ট দেখা যায় যে, বাতির ক্ষয় হইতেছে ; সুতরাং উহার ওজন কমিয়া যাইবেই। কাঠ বা কয়লা যখন পোড়ে তখন কাঠ বা কয়লা ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া অদৃশ্য হয়। যেটুকু ভস্ম থাকিয়া যায় তাহার ওজন উহাদের নিজেদের ওজন অপেক্ষা অনেক কম। কেরোসিন বা স্পিরিট পোড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। জল বা কর্পূর কিছুক্ষণ বায়ুতে রাখিয়া দিলে অদৃশ্য হয়। এই সকল ঘটনা হইতে স্বতঃই মনে হয় পদার্থ বিনষ্ট হইতেছে বা ধ্বংস হইয়া যাইতেছে।

অপর পক্ষে একটি খর্পরে এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম ওজন করিয়া লইয়া তাহাতে আগুন ধরাইয়া জ্বালান হইলে দেখা যায় যে, কিছুটা ভস্ম পড়িয়া থাকে। ভস্মটুকু লইয়া ওজন করিলে দেখা যায় যে, ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা বেশী। আবার কয়েকটি উজ্জ্বল লৌহের পেরেক ওজন করিয়া কয়েকদিন বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে তাহাতে মরিচা পড়ে এবং পরে উহাদের ওজন করা হইলে দেখা যায় যে, ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এক টুকরা তামা ওজন করিয়া চিমটা দিয়া ধরিয়া বুনসেন দীপে কিছুক্ষণ পোড়াইলে দেখা যায় যে, তামার লাল রং বদলাইয়া আস্তে আস্তে কালো হইয়া যায়। সেই কালো টুকরা ওজন করিলে দেখা যায় যে, তামার ওজন অপেক্ষা উহা ওজনে বেশী হইয়াছে। এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে মনে হয় যে, জড় সৃষ্ট হইল। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ম্যাগনেসিয়াম বা লৌহ বা তামা বায়ুর

অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হওয়ায় তাহাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং তাহার জন্যই তাহাদের ওজন বাড়ে। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ায় এইরূপ জড়ের রূপ বদলায় এবং সেই কারণে বস্তুর ভর বৃদ্ধি পায় ও নূতন জড় সৃষ্ট হইয়াছে বলিয়া মনে হয়। যদি ম্যাগনেসিয়াম লইয়া পরীক্ষা করিবার সময় ম্যাগনেসিয়ামের ওজন ও যে পরিমাণ অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয় তাহার ওজন লওয়া সম্ভব হয়, তবে উভয়ের ওজন একত্র করিলে ম্যাগনেসিয়ামের ভস্মের ওজনের সহিত সমান হইবে। তাহা হইতে বুঝা যাইবে যে, অতিরিক্ত কোন বস্তুর উৎপত্তি হয় নাই।

আবার মোমবাতি যখন পুড়িয়া অদৃশ্য হয় তখন মনে হয় বস্তুর বিনাশ হইল। কিন্তু ইহা সত্য নয়। মোমবাতির মোম যখন পোড়ে তখন তাহার উপাদানসকল বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া দুইটি অদৃশ্য গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়। একটি হইল জলীয় বাষ্প এবং অপরটি কার্বন ডাই-অক্সাইড। এই পদার্থ দুইটি গ্যাসীয় বলিয়া আমাদের দৃষ্টি এড়াইয়া যায় এবং তাহার জন্যই মোমবাতির বিনাশ হইল বলিয়া মনে হয়। মোমবাতি লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণিত হয়:

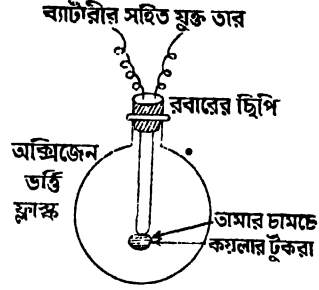
বাতির দহনের পরীক্ষা: একটি মোটা কাচনল লইয়া তাহার নিম্নদিকে

মোমবাতির দহনের পর ওজন বৃদ্ধি

চিত্র নং 2

একটি কতিপয় ছিদ্রযুক্ত ছিপি লাগান হইল। ঐ কাচনলের মাঝামাঝি একটি তামার তার-জালি (wire-gauze) স্থাপন করা হইল। তার-জালির উপরের

অংশে কলিচুন (quicklime) ও সোডালাইম (soda-lime) ভর্তি করা হয়। ছিদ্রযুক্ত ছিপির উপর এক টুকরা মোমবাতি আঁটিয়া লওয়া হয় এবং উক্ত বাতিসমেত ছিপি দিয়া নলের নিম্নভাগ বন্ধ করা হয়। তাহার পর কাচনলটি একটি সুতায় বাঁধিয়া একটি তুলাদণ্ডের বামবাহুর হুক হইতে ঝুলাইয়া দিয়া দক্ষিণ বাহুতে ওজন বসাইয়া ওজন করা হয়। পরে তুলাযন্ত্র থামাইয়া বাতিসমেত ছিপিটি খুলিয়া বাতিতে অগ্নিসংযোগ করা হয় এবং শীঘ্র শীঘ্র পুনরায় ছিপিটি স্বস্থানে রাখা হয়। বাতি জ্বলে এবং জ্বলিবার সময় মোমের কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। উক্ত CO_2 এবং জলীয় বাষ্প যথাক্রমে সোডালাইম ও কলিচুন দ্বারা শোষিত হয়। সেই কারণে কাচনলের ভিতর আংশিক শূন্যতা ঘটে এবং ছিদ্র দিয়া বায়ু নলে ঢোকে। বায়ু থাকায় বাতি জ্বলিতে থাকে। কিছুক্ষণ পরে বাতি নিভিয়া যায়। তখন যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে ওজন লওয়া হয়। দেখা যায় যে, ওজন কমে না, ওজন বৃদ্ধি হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, বাতি বিনষ্ট হয় না। আবার বর্ধিত ওজন কোন নূতন জড়ের কণা সৃষ্টির জন্য নয়। বাতির কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত হওয়ার ফলে ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। যদি এই অক্সিজেনের ওজন লওয়া হইত তবে দেখা যাইত যে, কাচনলের বর্ধিত ওজন এই অক্সিজেনের ওজনের সমান। এখানে বাতির উপাদান রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে রূপান্তরিত হইয়াছে মাত্র।

কয়লার (Charcoal) দহনের পরীক্ষা: একটি গোলতলা-বিশিষ্ট ফ্লাস্কের মুখে এমন একটি রবারের ছিপি লাগান হয় যাহা বেশ শক্ত করিয়া লাগান যায়। সেই রবারের ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি সামান্য মোটা তামার তার প্রবেশ করান হয়। একটি তামার তারের অগ্রভাগে একটি তামার ছোট বাটি ঝাল দিয়া আটকান হয়। বাটিতে এক টুকরা কাঠ কয়লা লওয়া হয়। তাহার পর উক্ত কাঠ কয়লায় একটি সরু প্লাটিনামের তার জড়াইয়া উক্ত প্লাটিনাম তারের দুই প্রান্ত তামার মোটা তার দুইটির গায়ে যথাক্রমে জড়াইয়া দেওয়া হয়। এক্ষণে ফ্লাস্কটি হইতে বায়ু বিতাড়িত করিয়া অক্সিজেন ভর্তি করা হয় এবং ছিপিটি তার ও বাটিসমেত জোরে আটকাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটি ভালভাবে ওজন করা হয়। তাহার পর বাহিরের তামার তারের প্রান্ত দুইটি তড়িৎ-কোষের দুই মেরুর (poles) সহিত যোগ করা হয়। ইহার ফলে সরু প্লাটিনাম তারের

ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং উহা লোহিত তপ্ত হইয়া উঠে। তাহার ফলে কাঠকয়লায় আগুন ধরিয়া যায়। তখন উহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অদৃশ্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হয়। দহন শেষ হইলে তড়িৎ-কোষের সহিত সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয় এবং যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয় এবং ঘরের উত্তাপে আসিলে উহা ওজন করা হয়। তখন দেখা যায় যে, যদিও কাঠকয়লার টুকরাটি পুড়িয়া সামান্য একটু ছাইমাত্র অবশিষ্ট রাখিয়া একেবারে বিনষ্ট হইয়াছে, কিন্তু তাহাতে যন্ত্রটির সর্বসমেত ওজনের কোন ব্যতিক্রম হয় নাই। পূর্বের ওজন এবং পরের ওজন একই আছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, কয়লার টুকরাটি বিনষ্ট হয় নাই। কেবলমাত্র রূপান্তরিত হইয়া অদৃশ্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে।

চিত্র নং ৩

এই পরীক্ষা কাঠকয়লার টুকরার স্থলে ম্যাগনেসিয়ামের টুকরা বা ফসফোরাসের টুকরা লইয়া করিলেও দেখা যাইবে যে, পরীক্ষার পূর্বে ও পরে যন্ত্রের ওজনের কোন তারতম্য হয় না।

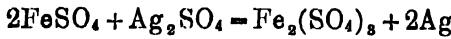
ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা (Lavoisier's Experiment)ঃ ল্যাভয়সিয়ার একখণ্ড টিন ওজন করিয়া একটি বায়ুপূর্ণ কাচের বক-যন্ত্রের মধ্যে রাখেন এবং তাহার পর বক-যন্ত্রের মুখের কাচ গলাইয়া তাহা বন্ধ করেন। তাহার পর টিন সমেত বক-যন্ত্রটি ওজন করিয়া অনেকক্ষণ পর্যন্ত তাহাকে উত্তপ্ত করেন। ইহার ফলে কিছুটা টিন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া টিন অক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত করার ফলে যখন আর কোন পরিবর্তন দেখা যায় না তখন তিনি বক-যন্ত্রটি শীতল করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় আসিলে ওজন করেন। বক-যন্ত্রটির ওজনের কোন পরিবর্তন দেখা যায় না। এই পরীক্ষার ফলে তিনি বুঝিলেন যে, রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থ ধ্বংস প্রাপ্ত হয় না, কেবলমাত্র রূপান্তরিত হয়।

ল্যাভয়সিয়ারই প্রথম ভরের নিত্যতা সূত্র হিসাবে প্রচার করেন। সূত্রটি এই প্রকারে বলা হয়: **রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও পরে জড়ের ওজনের বিন্দুমাত্র ব্যতিক্রম হয় না।** ইহা রসায়নশাস্ত্রের একটি মূল সূত্র এবং ইহার উপরই সমগ্র রসায়নশাস্ত্র গঠিত হইয়াছে।

ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা ঃ ল্যাণ্ডোল্ট 1908 খৃষ্টাব্দ পর্যন্ত পনর বৎসর ধরিয়া ভরের নিত্যতা-সূত্র কতদূর পর্যন্ত সত্য তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখেন। তিনি নানা প্রকারের রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে ইহার সত্যতা প্রমাণিত করেন। সাধারণতঃ সেই সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়া যাহাতে খুব কম পরিমাণে তাপ উৎপাদিত হয় তাহাই তাঁহার পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।

ল্যাণ্ডোল্ট একটি H-আকারের কাচের নল লইয়া পরীক্ষাকার্য চালান। নিম্নে তাঁহার একটি পরীক্ষার বর্ণনা দেওয়া হইল। H-নলের নিম্নের দিক বন্ধ করা থাকে। উপরের খোলা মুখ দুইটি দিয়া দুইটি নলে যথাক্রমে তাহাদের দুই-তৃতীয়াংশ ফেরাস সলফেটের দ্রবণ এবং সিলভার সলফেটের দ্রবণ দ্বারা ভরিয়া লওয়া হয়। তাহার পর নলটিকে সোজা করিয়া বসাইয়া অতি সন্তর্পণে খোলা মুখ-দুইটি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এইরূপ করার ফলে চলকাইয়া কোন দ্রবণ নষ্ট হইবার উপায় থাকে না তাহার পর এইরূপে একটি H-নল উত্তম সুবেদী তুলাযন্ত্রের ডানদিকের পাল্লায় রাখিয়া বামদিকে দ্রবণপূর্ণ H-নলটি ঝুলাইয়া দিয়া পরে ওজন সহযোগে সম-ওজন করা হয় (weighing with a counterpoise)। তাহার পর নলটিকে কাত করিয়া ঝাঁকাইয়া দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করা হয়। তাহার ফলে দুই দ্রবণের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং ধাতব সিলভার উৎপন্ন হয়।

চিত্র নং 4

$$2FeSO_4 + Ag_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2Ag$$

তাহার পর নলটিকে ঠাণ্ডা করিয়া আবার সেই তুলাদণ্ডের বাম বাহুতে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে, ওজন পূর্বের মত একই আছে।

এখানে যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সিলভার উৎপন্ন হইয়াছে তাহা হইলেও নূতন কোন জড় উৎপন্ন হয় নাই, কেবল নূতন ব্যবস্থাপনা হইয়াছে।

এইভাবে H-নলের একটি বাহুতে পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ এবং অপর বাহুতে মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ লইয়া ঝাঁকাইলে লাল মারকিউরিক

আয়োডাইড উৎপন্ন হয়, কিন্তু রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও পরে সমগ্র দ্রবণের ওজন একই থাকে।

$$2KI + HgCl_2 = HgI_2 + 2KCl.$$

এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে ভরের নিত্যতা-সূত্র দৃঢ়ভাবে প্রমাণিত হইয়াছে।

Questions

1. Describe two experiments in support of the statement,—"Matter is indestructible."

১। "পদার্থ ধ্বংস হয় না"—এই উক্তির সমর্থনে দুইটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. State the law of conservation of mass. How would you verify it experimentally ? How do you explain the loss in weight of a candle on burning it in open air ?

(Higher Secondary, West Bengal, 1960)

২। ভরের নিত্যতা-সূত্রটি লিখ। পরীক্ষামূলকভাবে ইহার সত্যতা কিভাবে প্রমাণ করিবে ? খোলা বাতাসে একটি মোমবাতি পোড়াইলে তাহা নষ্ট হইয়া যায় এই বিষয়টি কি ভাবে ব্যাখ্যা করিবে ?

3. State the law of conservation of mass. That the metal calx weighs more than the metal is an experimental truth ; how can you correlate this with the law of conservation of mass ?

৩। ভরের নিত্যতা-সূত্রটি লিখ। ধাতু অপেক্ষা ধাতুর ভস্মের ওজন বেশী—এই পরীক্ষালব্ধ সত্যটির ভরের নিত্যতা-সূত্রের সহিত কিভাবে সমন্বয় সাধিত হইয়াছে দেখাও।

4. When charcoal is set fire to, it burns away leaving a little ash. Here apparently matter is destroyed. But the law of conservation of mass states that matter is indestructible. Describe how experiment is to be conducted to correlate the apparent destruction of matter with the law of conservation of mass.

৪। অঙ্গারে অগ্নিসংযোগ করিলে উহা পুড়িয়া যায় এবং অতি সামান্য ছাই পড়িয়া থাকে। এইখানে দৃশ্যত: পদার্থের ধ্বংস সাধিত হইতেছে। কিন্তু ভরের নিত্যতা-সূত্র বলে যে, জড়ের বিনাশ নাই। কিভাবে পরীক্ষা পরিচালনা করিলে ভরের নিত্যতা-সূত্রের সহিত পরিদৃশ্যমান পদার্থের ধ্বংসের সমন্বয়-সাধন সম্ভব হয় তাহা বর্ণনা কর।

5. State the law of conservation of mass. Describe one experiment each to show that the law holds good for (a) rusting of iron, (b) burning of charcoal, (c) sublimation of camphor.

(Higher Secondary, West Bengal, 1962)

৫। ভরের নিত্যতা-সূত্রটি লিখ। (ক) লোহে মরিচা ধরা, (খ) কাঠ কয়লার দহন এবং (গ) কর্পূরের ঊর্ধ্বপাতন এই তিনটি ক্ষেত্রে পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও যে, সূত্রটি সত্য।

চতুর্দ্দশ অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ

(Laws of Chemical Combination)

রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত হইবার সময় যে-কোন পরিমাণের একটি মৌলিক পদার্থ যে-কোন পরিমাণের অন্য একটি মৌলিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হইতে পারে না। পরিমাণ-সম্পর্কে রাসায়নিক সংযোগ কতকগুলি নিয়মানুসারে ঘটিয়া থাকে। এই নিয়মগুলির সত্যতা বিজ্ঞানীরা পরীক্ষাদ্বারা নির্ণয় করিয়াছেন এবং কোনস্থলে ইহাদের ব্যতিক্রম লক্ষিত হয় নাই।

পাঁচটি সূত্রদ্বারা সমস্ত রাসায়নিক সংযোগ নিয়ন্ত্রিত হয়। তাহার মধ্যে চারিটি সূত্রই জড়ের ওজন-বিষয়ক, এবং পঞ্চমটি জড়ের আয়তন-সম্পর্কিত। এই পাঁচটি সূত্র যথাক্রমে—(ক) জড়ের নিত্যতা-সূত্র (Law of Conservation of Mass, ল্যাভয়সিয়ার); (খ) স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportions, প্রাউস্ট); (গ) গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions, ডাল্টন); (ঘ) মিথোনুপাত বা তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal or Equivalent Proportions, রিকটার); (ঙ) গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes, গেলুসাক)।

(ক) জড়ের নিত্যতা-সূত্র ঃ যে-কোন প্রকারের রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ও পরে জড়পদার্থগুলির মোট ভর একই থাকে। রসায়নশাস্ত্রের ইহা একটি মূল বিধি হিসাবে গণ্য হইয়া থাকে। অন্যভাবে এই বিধি নিম্নলিখিতভাবে উল্লিখিত হয়।

ক্রিয়াশীল পদার্থসমূহের সমগ্র ভর = উৎপন্ন পদার্থসমূহের সমগ্র ভর। দুইটি ক্রিয়াশীল পদার্থ যথাক্রমে **ক** ও **খ** এবং তাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে **গ** ও **ঘ** পদার্থ দুইটি উৎপন্ন হয়, তাহা হইলে সমীকরণ হিসাবে **ক + খ = গ + ঘ**।

এই অবস্থায় **ক** ও **খ**-এর সমগ্র ভর বা ওজন **গ** ও **ঘ**-এর সমগ্র ভর বা ওজনের সমান হইবেই হইবে।

দৃষ্টান্ত ঃ যদি x গ্রাম ওজনের সোডিয়ামের y গ্রাম ওজনের ক্লোরিণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে z গ্রাম ওজনের সোডিয়াম ক্লোরাইড

(NaCl, খাদ্যলবণ) উৎপন্ন হয়, তবে $x+y=z$ হইবেই। ত্রয়োদশ অধ্যায়ে এ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা দেওয়া হইয়াছে।

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Definite or Constant Porportions) : **প্রত্যেক যৌগিক পদার্থ সর্বদাই একই প্রকার মৌলিক পদার্থসমূহের দ্বারা গঠিত এবং সেই যৌগিক পদার্থের মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা একই হয়। অন্য কথায়, প্রত্যেক যৌগিক পদার্থের মৌলিক উপাদানগুলি নির্দিষ্ট এবং উপাদানগুলির ওজনের অনুপাতও নির্দিষ্ট থাকে, সেই যৌগিক পদার্থটি যে-কোন উপায়েই প্রস্তুত করা হউক না কেন বা যে-কোন স্থান হইতেই সংগৃহীত হউক না কেন।**

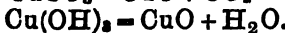
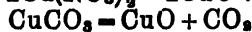
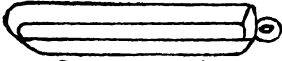
দৃষ্টান্ত : (1) জল নানা স্থান হইতে সংগ্রহ করা যায় ; যথা, পুকুর, নদী, সমুদ্র প্রভৃতি। আবার, বিভিন্ন উপায়ে জল প্রস্তুত করা সম্ভব। কিন্তু সকল ক্ষেত্রেই জল লইয়া বিশুদ্ধ করিয়া তড়িৎ দ্বারা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, জল সর্বদাই দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত। আবার উক্ত বিশ্লেষণ দ্বারা সকল স্থলেই দেখা যায় যে, 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 8 ভাগ অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া 9 ভাগ জল উৎপন্ন করিয়াছে।

(2) খাদ্যলবণ (NaCl) সমুদ্র জল হইতে পাওয়া যায়। আবার খনিতেও খাদ্যলবণ পাওয়া যায়। পরীক্ষাগারেও নানা উপায়ে খাদ্যলবণ প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু যে-কোন স্থান হইতেই খাদ্যলবণ পাওয়া যাউক না কেন, বিশুদ্ধ করার পর পরীক্ষা দ্বারা দেখা যাইবে উহাতে সোডিয়াম ও ক্লোরিণ মৌলিক পদার্থদুইটি বর্তমান এবং তাহাদের ওজনের অনুপাত সর্বদাই 23 : 35·45।

অতএব বলা যাইতে পারে যে, যৌগিক পদার্থমাত্রই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ-সমূহের নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক সংযোজনের ফলে উৎপন্ন হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা স্থিরানুপাত সূত্রটির সত্যতা পরীক্ষাগারে নির্ণীত হইতে পারে।

কপার নাইট্রেট, কপার কার্বনেট বা কপার হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ কালো কপার অক্সাইড (CuO) প্রস্তুত করা হয়।

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$
$$CuCO_3 = CuO + CO_2$$
$$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O.$$

বিভিন্ন ভাবে উৎপন্ন কপার অক্সাইডের নমুনাগুলিকে 1, 2, 3 নম্বর দেওয়া হইল। একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সিলেন নৌকাকে বারংবার উত্তপ্ত ও শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন লওয়া হইল, যতক্ষণ না পর পর দুইটি ওজন এক হয়। তাহার পর উক্ত নৌকায় সামান্য পরিমাণ 1 নং নমুনা লওয়া হইল। পুনরায় নৌকাটি কপার অক্সাইডসহ ওজন করা হইল। দ্বিতীয় ওজন হইতে প্রথম ওজন বাদ দিলে কপার অক্সাইডের ওজন পাওয়া যাইবে। একটি বড় ফাঁদের শক্ত কাচের নল লইয়া তাহার দুই মুখে দুইটি সরু কাচ-নল যুক্ত ছিপি লাগাইয়া দেওয়া হইল। তাহার পর নমুনাসহ নৌকাটি একমুখের ছিপি খুলিয়া শক্ত কাচের নলের ভিতর রাখা হইল। নলের মধ্য দিয়া সরু কাচ-নলের সাহায্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল এবং সঙ্গে সঙ্গে পোর্সিলেন নৌকাটি যেখানে রাখা হইয়াছে নলের সেই স্থানটি খুব উত্তপ্ত করা হইল। এই প্রক্রিয়ায় কপার অক্সাইড বিজারিত (reduced) হইয়া লাল ধাতব কপার উৎপন্ন করে। সমস্ত কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল কপারে পরিণত হইলে দীপ নিভাইয়া দিয়া কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া পোর্সিলেন নৌকাটি ঠাণ্ডা করা হয় এবং পরে গ্যাস বন্ধ করা হয়। নৌকাটিকে বাহির করিয়া আনিয়া শোষকাধারে রাখিয়া সম্পূর্ণ শীতল করা হয় এবং পরে তাহাকে ওজন করা হয়। এইভাবে 2 নং এবং 3 নং নমুনা লইয়া পরীক্ষা করা হয়।

পোর্সিলেনের ছোট নৌকা

চিত্র নং 5

মনে কর, 1 নং নমুনাতে, নৌকার ওজন $= X$ গ্রাম

নৌকা + CuO-র ওজন $= X_1$ গ্রাম

নৌকা + Cu-এর ওজন $= X_2$ গ্রাম

$\therefore$ CuO-র ওজন $= (X_1 - X)$ গ্রাম

এবং Cu-এর ওজন $= (X_2 - X)$ গ্রাম।

$\therefore$ অক্সিজেন, যাহা উক্ত পরিমাণ Cu-এর সহিত সংযুক্ত আছে তাহার ওজন

$= [(X_1 - X) - (X_2 - X)]$ গ্রাম

$= (X_1 - X_2)$ গ্রাম

এইরূপভাবে 2 নং ও 3 নং নমুনার পরীক্ষাতেও গণনা করা হয়। দেখা যাইবে যে, CuO-র বিভিন্ন নমুনায় প্রতি 63·5 ভাগ কপারের সহিত 16 ভাগ অক্সিজেন সংযুক্ত আছে।

এই সূত্রটির সত্যতা নির্ধারণ করার জন্য বহু প্রকার পরীক্ষা হইয়াছে। স্টাস্ (Stas) নানা পদ্ধতিতে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) প্রস্তুত করিয়া পরীক্ষা দ্বারা দেখাইয়াছেন যে, সকল ক্ষেত্রেই সিলভার ক্লোরাইডে সিলভার ও ক্লোরিণের ওজনের অনুপাত একই হয়।

গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions)ঃ যখন একটি মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তখন একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলিক পদার্থটির যে সকল বিভিন্ন ওজন সংযুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই পরিদৃষ্ট হয়, অর্থাৎ অনুপাত ছোট পূর্ণসংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা যায়, যথা 1 : 2, 2 : 3, 3 : 4, 5 : 7 প্রভৃতি; কখনও ভগ্নাংশ হইবে না, যেমন 1·2 : 3·7।

দৃষ্টান্তঃ (1) কার্বনের সহিত অক্সিজেনের সংযোগে দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়, যথা কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড। এই দুইটি যৌগিক পদার্থে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ :—

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত কার্বন : অক্সিজেন
(ক) কার্বন মনোক্সাইড	12 : 16
(খ) কার্বন ডাই-অক্সাইড	12 : 32

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বনের (12 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন যুক্ত হইতে পারে, তাহার অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

(2) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে দুইটি পদার্থ পাওয়া যায়; যথা, জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড। এই দুইটি যৌগিক পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ :—

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত হাইড্রোজেন : অক্সিজেন
(ক) জল	2 : 16
(খ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	2 : 32

অতএব নির্দিষ্ট ওজনের হাইড্রোজেনের (2 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হয়, তাহার অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

(3) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া নিম্নলিখিত পাঁচটি নাইট্রোজেনের অক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে। তাহাদের ভিতর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত তাহাদের নামের সহিত দেখান হইল।

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত
	নাইট্রোজেন : অক্সিজেন
(ক) নাইট্রাস অক্সাইড	28 : 16
(খ) নাইট্রিক অক্সাইড	14 : 16
(গ) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	28 : 48
(ঘ) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড	14 : 32
(ঙ) নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড	28 : 80

অতএব নির্দিষ্ট ওজনের নাইট্রোজেনের (14 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন সংযুক্ত হয়, তাহার অনুপাত 8 : 16 : 24 : 32 : 40 বা 1 : 2 : 3 : 4 : 5। ইহা একটি সরল অনুপাত।

নিম্নলিখিত উপায়ে পরীক্ষাগারে এই সূত্রটির সত্যতা প্রমাণ করা যাইতে পারে :

কপারের দুইটি কঠিন অক্সাইড পাওয়া যায়—একটি কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) যাহার রং কালো এবং অপরটি কিউপ্রাস্ অক্সাইড (Cu_2O) যাহার রং লাল। দুইটি পোর্সিলেন-নির্মিত পরিষ্কার শুষ্ক নৌকা লইয়া পৃথকভাবে তাহাদের উত্তপ্ত এবং শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন করা হয়। যতক্ষণ না তাহাদের ওজন স্থিরাঙ্কে আসে ততক্ষণ পর্যন্ত উত্তপ্তকরণ ও শীতলীকরণ পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয়। তাহার পর একটি নৌকায় কালো কিউপ্রিক অক্সাইড এবং অপটিতে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া তাহাদের পুনরায় পৃথক পৃথক ভাবে ওজন করা হয়। পরে নৌকাদুইটিকে পৃথকভাবে একটি বড় ফাঁদের শক্ত কাচ-নলের ভিতর রাখা হয়। শক্ত কাচ-নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় এবং সেই সময় বুনসেন দীপদ্বারা পোর্সিলেনের নৌকাদুইটিকে খুব উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা অক্সাইড-দুইটি বিজারিত হয় এবং নৌকায় ধাতব কপার পড়িয়া থাকে। বিজারণ-ক্রিয়া সম্পূর্ণভাবে সম্পন্ন করা হয়। তাহার পর দীপ

নির্বাপিত করিয়া নৌকাদুইটি বাহিরে আনিয়া শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করা হয়। শীতল নৌকাদুইটি পৃথকভাবে ওজন করা হয়। পরে নিম্নলিখিতভাবে গণনা করা হইয়া থাকে।

কিউপ্রিক অক্সাইড: পোর্সিলেন নৌকার ওজন $= W$ গ্রাম

পোর্সিলেন নৌকা + CuO-র ওজন $= W_1$ গ্রাম

পোর্সিলেন নৌকা + Cu-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ CuO-র ওজন $= (W_1 - W)$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন $= (W_2 - W)$ গ্রাম।

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন, যাহা $(W_2 - W)$ গ্রাম Cu-এর সহিত যুক্ত ছিল—

$[(W_1 - W) - (W_2 - W)]$ গ্রাম $= (W_1 - W_2)]$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপার $= \dfrac{W_2 - W}{W_1 - W_2}$ গ্রাম

কিউপ্রাস অক্সাইড: পোর্সিলেনের নৌকার ওজন $= X$ গ্রাম

পোর্সিলেনের নৌকা + Cu_2O-র ওজন $= Y$ গ্রাম

পোর্সিলেনের নৌকা + Cu-এর ওজন $= Z$ গ্রাম

$\therefore$ Cu_2O-র ওজন $= (Y - X)$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন $= (Z - X)$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন, যাহা $(Z - X)$ গ্রাম Cu-এর সহিত যুক্ত ছিল $=$ $[(Y - X) - (Z - X)]$ গ্রাম

$= (Y - Z)$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপার $= \dfrac{Z - X}{Y - Z}$ গ্রাম।

সুষ্ঠুভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, কিউপ্রিক ও কিউপ্রাস অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যে যে পরিমাণ কপার যুক্ত থাকে তাহার অনুপাত

$$\frac{W_2 - W}{W_1 - W_2} : \frac{Z - X}{Y - Z} :: 1 : 2 \text{ হয়}$$

* **মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions): যখন একটি বিশিষ্ট মৌলিক পদার্থ অপর দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের**

---

* ইহা পাঠ্যসূচী বহির্ভূত, কিন্তু সমস্ত সূত্রগুলি এখানে সামঞ্জস্য রক্ষার জন্য উল্লিখিত হইল।

সৃষ্টি করে, তখন বিশিষ্ট মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অন্য দুই বা ততোধিক মৌল পৃথক পৃথক ওজনে সংযুক্ত হয়। এখন অন্য মৌলগুলি যদি পরস্পর যুক্ত হইতে চায়, তবে তাহারা একে অন্যের সহিত যে ওজনে মিলিত হইবে তাহা বিশিষ্ট মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত সংযুক্ত উক্ত মৌলদুইটির পৃথক পৃথক ওজনের সমান হইবে অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক হইবে।

ধরা যাউক, কোন একটি বিশিষ্ট মৌলের (X) a গ্রাম যথাক্রমে অন্য একটি মৌলের (Y) b গ্রামের সহিত এবং অপর একটি মৌলের (Z) c গ্রামের সহিত পৃথকভাবে মিলিত হয়। এখন Y এবং Z যদি রাসায়নিক ক্রিয়াদ্বারা একটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তবে তাহাতে Y ও Z-এর ওজনের অনুপাত হইবে $b : c$ অথবা এই রাশিগুলির কোন সরল গুণিতক; যথা, $b : 2c$ অথবা $2b : c$ অথবা $2b : 3c$ ইত্যাদি।

দৃষ্টান্ত: (1) কার্বনের সহিত অক্সিজেন ও সলফার পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-সলফাইড উৎপন্ন করে। উক্ত যৌগ পদার্থ-দুইটিতে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ :—

কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন : অক্সিজেন = 12 : 32

কার্বন ডাই-সলফাইডে কার্বন : সলফার = 12 : 64

যখন সলফার ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইবে তখন তাহাদের ওজনের অনুপাত হইবে 64 : 32 অথবা 2 : 1 অথবা ইহাদের কোন সরল গুণিতক। আমরা জানি যে, সলফার ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সলফার ডাই-অক্সাইড নামক যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং তাহাতে সলফার ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 32 : 32 বা 2 : 2 বা $2 : 2 \times 1$।

(2) 21 ভাগ ফস্‌ফোরাস 3×1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফস্‌ফিন নামক গ্যাস উৎপন্ন করে।

আবার 31 ভাগ ফস্‌ফোরাস $3 \times 35{\cdot}45$ ভাগ ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফস্‌ফোরাস ট্রাই-ক্লোরাইড নামক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে।

এক্ষণে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর যদি রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং তাহার ফলে যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহাতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ওজনের

অনুপাত হইবে 3 × 1 : 3 × 35·45 বা 1 : 35·45 ; অথবা ঐ রাশিগুলির কোন গুণিতক।

আমরা জানি যে, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নামে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং তাহাতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ওজনের অনুপাত 1 : 35·45।

আবার আমরা জানি যে,

8 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত
বা 20 গ্রাম ক্যালসিয়ামের সহিত
বা 35·45 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত
বা 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত
বা 19 গ্রাম ফ্লুয়োরিণের সহিত

রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়। তাহা হইতে জানা যায় যে, যদি ডান দিকের মৌলগুলি তাহাদের নিজেদের ভিতর সংযুক্ত হইতে পারে তাহা হইলে তাহারা ডাঁন দিকে উক্ত ওজনের অনুপাতে অথবা উক্ত ওজনের সরল অনুপাতে সংযুক্ত হইবে।

যথা 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 20 গ্রাম ক্যালসিয়ামের সহিত
বা 35·45 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত
বা 19 গ্রাম ফ্লুয়োরিণের সহিত

সংযুক্ত হইবে। কিন্তু আমরা জানি যে, কোন মৌলের যে ওজন 1 গ্রাম হাইড্রোজেন বা 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইতে পারে সেই ওজনকে উক্ত মৌলের **তুল্যাঙ্ক** বলে। ইহা হইতে আমরা **তুল্যাঙ্ক অনুপাত-সূত্র** পাইয়া থাকি।

তুল্যাঙ্ক অনুপাত-সূত্র (Law of Equivalent Proportions) : মৌলিক পদার্থগুলি পরস্পর তাহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে বা উক্ত তুল্যাঙ্কের সরল গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া থাকে।

মিথোনুপাত-সূত্র তুল্যাঙ্ক অনুপাত-সূত্রের একটি বিশেষ অংশ মাত্র।

গ্যাসায়তন-সূত্র (Law of Gaseous Volumes) : দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় তাহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন যৌগ যদি গ্যাসীয় পদার্থই হয় তাহার আয়তনও ক্রিয়ারত গ্যাসগুলির আয়তনের সহিত

সরল অনুপাতে থাকে, যদি গ্যাসীয় পদার্থসকলের আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হয়।

দৃষ্টান্ত : (ক) এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিণ রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নামক গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। অতএব আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : ক্লোরিণ : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড = 1 : 1 : 2। ইহা সরল অনুপাত।

(খ) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন ও তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন রাসায়নিক-ভাবে ক্রিয়া করিয়া দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। আয়তন হিসাবে নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন : অ্যামোনিয়া = 1 : 3 : 2। ইহা সরল অনুপাত। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন ক্রিয়াশীল নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের সঙ্গে সরল অনুপাতে আছে।

(গ) দুই ঘনায়তন কার্বন মনোক্সাইড এক ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়াদ্বারা দুই ঘনায়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এতএব আয়তন হিসাবে কার্বন মনোক্সাইড : অক্সিজেন : কার্বন ডাই-অক্সাইড = 2 : 1 : 2। ইহা সরল অনুপাত।

ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory) : ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বহুসংখ্যক কণিকাদ্বারা যে প্রত্যেকটি পদার্থ গঠিত হয় এই মত বহুকাল হইতেই দার্শনিকগণের ভিতর প্রচলিত ছিল। এই সম্পর্কে হিন্দু দার্শনিক কণাদের নামই সর্বপ্রথমে উল্লেখযোগ্য। তাহার পর গ্রীক দার্শনিকগণ এই মতবাদ বহুদিন যাবৎ পোষণ ও প্রচার করিয়া গিয়াছেন। কিন্তু সর্বপ্রথম সুনির্দিষ্টভাবে পদার্থের গঠন-সম্পর্কে বৈজ্ঞানিক পরমাণুবাদ ইংরাজ বিজ্ঞানবিদ জন ডাল্‌টন্‌ বিজ্ঞানজগৎকে দান করেন। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ অনুসারে—

(ক) মৌলিক পদার্থগুলি বহুসংখ্যক অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাদ্বারা গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অবিভাজ্য এবং ইহাদের পরমাণু বলা চলে।

(খ) পরমাণুগুলি রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা বিভক্ত হয় না বা সৃষ্ট হয় না বা ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় না।

(গ) একই মৌলের সমস্ত পরমাণু একই ওজনের হয় এবং তাহাদের ধর্মও সর্বতোভাবে এক হয়।

(ঘ) বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন ওজনের ও বিভিন্ন ধর্মের হয়।

(ঙ) দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের যৌগ মৌলগুলির পরমাণুসমূহের সুনির্দিষ্ট পাশাপাশি অবস্থান দ্বারা উৎপন্ন।

(চ) দুই বা ততোধিক মৌলের সংযোগের সময় তাহাদের ওজনের আংকিক-অনুপাত তাহাদের পরমাণুর ওজনের অনুপাত মাত্র।

বহু প্রকারের পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ এই পরমাণুবাদের স্বীকার্যগুলির (postulates) সত্যতা প্রমাণিত করিয়াছে।

বস্তুতঃ, ডাল্টনের এই পরমাণুবাদের উপরই বর্তমান রসায়নশাস্ত্রের ভিত্তি স্থাপিত হইয়াছে এবং ইহার সাহায্যেই সকল প্রকার রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলির ব্যাখ্যা সম্ভব হইয়াছে।

এই পরমাণুগুলি অতি সূক্ষ্ম এবং উহাদের আয়তন ও ওজনের একটা মোটামুটি ধারণা করার চেষ্টা করা যাইতে পারে। একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন 16×10^{-26} গ্রাম এবং তাহার ব্যাস 12×10^{-9} সেন্টিমিটার। কিন্তু এই সংখ্যাগুলি এত ক্ষুদ্র যে কল্পনাতে আনা যায় না।

Questions

1. State the laws of chemical combination and explain them with one example in each case.

১। রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি উল্লেখ করিয়া ব্যাখ্যা কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

2. State the law of constant proportions. Describe an experiment for verification of this law.

Silver chloride can be prepared in various ways. By analysing silver chloride prepared in different ways, the following results are obtained :—

(a) 80·24 grams of silver yield 106·6 grams of silver chloride ;

(b) 108·549 grams of silver yield 144·2070 grams of silver chloride ;

(c) 69·4674 grams of silver yield 92·8745 grams of silver chloride.

Show that these results prove the law of definite proportions.

২। স্থিরানুপাত-সূত্রটি লিখ। এই সূত্র প্রমাণ করিবার জন্য একটি পরীক্ষার বর্ণনা কর।

সিলভার ক্লোরাইড নানাভাবে প্রস্তুত করা যায়। বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত সিলভার ক্লোরাইড পরীক্ষা করিয়া নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া গেল :—

(ক) ৮০·২৪ গ্রাম সিলভার হইতে ১০৬·৬ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

(খ) ১০৮'৫৪৯ গ্রাম সিলভার হইতে ১৪৪'২০৭০ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

(গ) ৬৯'৪৬৭৪ গ্রাম সিলভার হইতে ৯২'৮৭৫৫ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

—এই ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রটি প্রমাণ করে—দেখাও।

3. State the law of multiple proportion. Explain the truth of this law, taking the cases of compounds of carbon and hydrogen.

A metal has two oxides. When 1 gram of each oxide is heated in hydrogen gas, the weights of metals produced are found to be 0·798 and 0·888 grams respectively.

Show that the results of the experiment support the law of multiple proportions.

৩। গুণানুপাত-সূত্রটি লিখ। কার্বন ও হাইড্রোজেনের বিভিন্ন যৌগ লইয়া সূত্রটির সত্যতা ব্যাখ্যা করিয়া দেখাও।

কোন ধাতুর দুই প্রকার অক্সাইড পাওয়া যায়। প্রত্যেকটির ১ গ্রাম করিয়া লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে ০'৭৯৮ গ্রাম এবং ০'৮৮৮ গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত-সূত্র সমর্থন করে।

4. Two elements A and B combine chemically to form three compounds. The element B is present in these compounds to the extent of 25%, 14·28% and 7·69% respectively. Show that these experimental results support the law of multiple proportions.

৪। দুইটি মৌল ক এবং খ রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া তিনটি যৌগপদার্থ উৎপন্ন করে। এই তিনটি যৌগপদার্থে যথাক্রমে খ মৌলিক ২৫%, ১৪'২৮% এবং ৭'৬৯% থাকে। দেখাও যে, এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত-সূত্রকে সমর্থন করে।

5. Two chlorides are known for a metal. In one of these chlorides chlorine is present to the extent of 65·6%; in the other chlorine is found to be 55·9%. These results prove the truth of a distinct law of chemical combination. State the law.

৫। একটি ধাতুর দুই প্রকার ক্লোরাইড জানা আছে। তাহার একটিতে ক্লোরিণের পরিমাণ হইল শতকরা ৬৫'৬ ভাগ; অন্যটিতে ক্লোরিণের পরিমাণ হইল শতকরা ৫৫'৯ ভাগ। এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি একটি বিশিষ্ট রাসায়নিক সূত্র সপ্রমাণ করে। সূত্রটি লিখ।

6. State what you know about Dalton's Atomic Theory.

৬। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7. State Dalton's 'Atomic Theory' and indicate its utility. Explain what you understand by 'atomic weight' of an element.

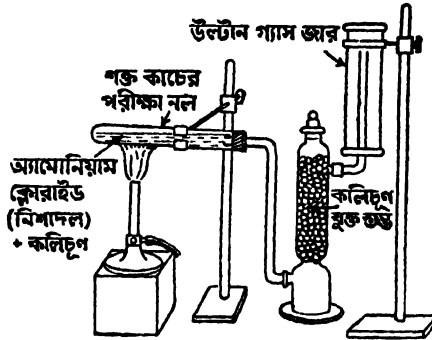
৭। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ উল্লেখ কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর। কোনো মৌলের 'পারমাণবিক ওজন' বলিলে কি বুঝ ব্যাখ্যা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

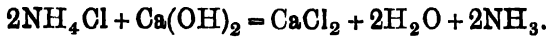
আণবিক সংকেত—NH_3। আণবিক ওজন—17। বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক—8·5।

নাইট্রোজেন-ঘটিত জৈব পদার্থের পচনের ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। উদ্ভিদ ও জীবজন্তুর দেহের ধ্বংসে ও পচনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায় অথবা জমিতে অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ হইয়া থাকিয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে, আগ্নেয়গিরির নিকটে ও স্বাভাবিক জলে ইহা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। উষ্ণ মণ্ডলের (Tropics) জমিতে অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে ইহা পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl, নিশাদল) সাধারণতঃ উষ্ণ প্রদেশের মাটি হইতে সংগৃহীত হয়।

প্রস্তুতি ঃ সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কোন তীব্র ক্ষারক মিশাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাগারে কলিচুন তীব্র ক্ষারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র নং 6

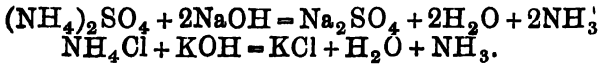
একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে শুষ্ক গুঁড়া অ্যামোমিয়াম ক্লোরাইডের সহিত তাহার দ্বিগুণ পরিমাণ শুষ্ক কলিচুনের মিশ্রণ লওয়া হয়। তাহার পর শক্ত কাচের নলটি একটি দণ্ডের সহিত বন্ধনী দিয়া :একটু আনতভাবে আটকান হয়। পরীক্ষানলে মিশ্রণটি এরূপভাবে রাখা হয় যেন গ্যাস বাহির হইবার পথ থাকে।

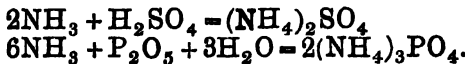
পরীক্ষানলটিকে পরে একটি নির্গম-নলযুক্ত ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া বুনসেন দীপ দিয়া সাবধানে উত্তপ্ত করা হয়। আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। গ্যাসটি শুষ্ক করিবার জন্য নির্গম-নলের অপর প্রান্ত একটি পাথুরে চুনপূর্ণ স্তম্ভের নিম্নে যুক্ত করিয়া দেওয়া হয় এবং গ্যাসটি চুনের ভিতর দিয়া যাইয়া স্তম্ভের উপর বাহির হয়। স্তম্ভের সহিত যুক্ত একটি উর্ধ্বমুখী নির্গম-নলের উপর উবুড় করিয়া একটি গ্যাস-জার রাখিলে সেই গ্যাস-জারে শুষ্ক অ্যামোনিয়া বায়ুর নিম্নভ্রংশ (downward displacement) দ্বারা জমা হয়, কারণ অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা।

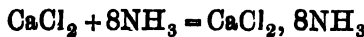
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3.$$

কলিচুনের পরিবর্তে পাথুরে চুন (CaO) ব্যবহার করিলে উদ্ভূত অ্যামোনিয়ায় জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম হয়।

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3.$$

যে-কোন অ্যামোনিয়ার লবণ যে-কোন তীব্র ক্ষারক দিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। যথা,

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$NH_4Cl + KOH = KCl + H_2O + NH_3.$$

অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড বা ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) ব্যবহার করা যায় না, কারণ অ্যামোনিয়া মৃদু ক্ষারক হিসাবে উহাদের সহিত যথাক্রমে অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$] এবং অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট [$(NH_4)_3PO_4$] লবণ গঠন করে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$
$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4.$$

অ্যামোনিয়া গ্যাস গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$) দ্বারাও শুষ্ক করা যায় না, কারণ $CaCl_2$ দ্বারা উহা শোষিত হয় এবং $CaCl_2, 8NH_3$ এই যৌগপদার্থ উৎপন্ন হয়।

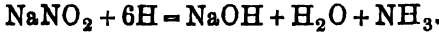
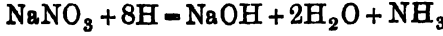
$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$$

সেই কারণে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে পাথুরে চুন (CaO) দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অতিশয় দ্রাব্য। সেইজন্য বায়ুর নিম্নভ্রংশ দ্বারা উক্ত গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। গ্যাস-জার অ্যামোনিয়া-ভর্তি হইল কিনা জানিবার জন্য একটি কাচের দণ্ডে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া গ্যাস-জারের মুখে ধরা হয়।

ঘন ধোঁয়া দেখা দিলেই বুঝিতে হইবে যে, গ্যাসজার অ্যামোনিয়া দ্বারা ভর্ত্তি হইয়াছে। পারদের অপসারণ দ্বারাও শুষ্ক গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

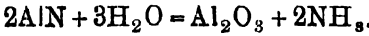
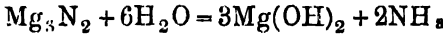
অন্য নানা উপায়ে অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইতে পারে।

(ক) জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), নাইট্রেট বা নাইট্রাইট বিজারিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3 + 8H = NaOH + 2H_2O + NH_3$$
$$NaNO_2 + 6H = NaOH + H_2O + NH_3.$$

(খ) কতকগুলি অ্যামোনিয়ার লবণকে শুধু উত্তপ্ত করিলেই অ্যামোনিয়া গ্যাস উদ্ভূত হয়।

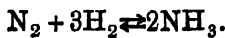
$$2(NH_4)_3PO_4 = 6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4 = NH_3 + NH_4HSO_4.$$

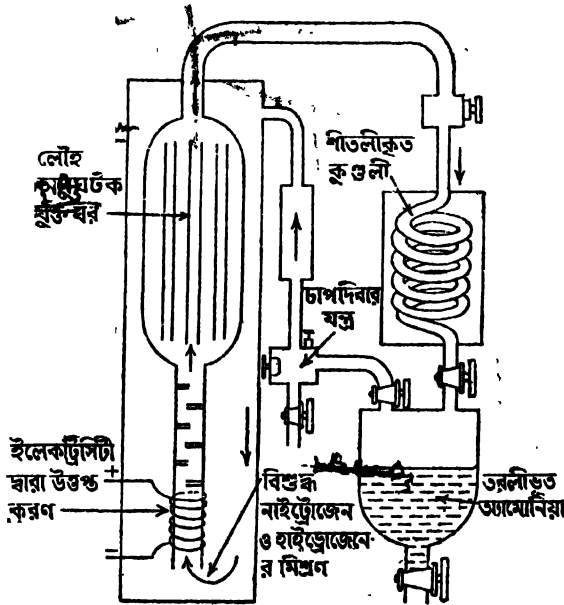
(গ) জল দিয়া ফুটাইলে বা উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সহিত ক্রিয়ার ফলে কতকগুলি ধাতব নাইট্রাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত (hydrolysis) হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়া থাকে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$
$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3.$$

(ঘ) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যামোনিয়ার নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহ পাইবার জন্য অ্যামোনিয়ার ঘন দ্রবণ, যাহা বাজারে Liquor Ammonia হিসাবে পাওয়া যায় তাহা, বিন্দুপাতন ফানেলে (dropping funnel) লইয়া ফানেলটি একটি কর্কের ছিপির মুখে লাগান হয়। উক্ত ছিপিতে একটি গ্যাস নির্গমন-নলও লাগান হয়। তাহার পর ছিপিটি একটি কনিক্যাল (শাঙ্কব) ফ্লাস্কের মুখে লাগান হয়। কনিক্যাল ফ্লাস্কের ভিতর কিছুটা কঠিন কস্টিক সোডা রাখা হয়। [নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত **রসায়নের গোড়ার কথার** (চতুর্থ সংস্করণ) ৭১ পৃষ্ঠার ১০নং চিত্রের অনুরূপ করিয়া সাজান হয়।)

বিন্দুপাতন ফানেল হইতে Liquor Ammonia কঠিন কস্টিক সোডার উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রবাহ নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসিবে।

অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন: নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উচ্চ চাপে ও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3.$$

ইহাকে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ (Synthesis) বলে। উপরের সমীকরণ হইতে আমরা দেখিতে পাই যে, 1 আয়তন নাইট্রোজেন 3 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। উপরন্তু উক্ত প্রক্রিয়াটি উভমুখী (reversible)। আর অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবার সময় তাপ উদ্ভূত হয়।

এই সমস্ত বিষয় পর্যালোচনা করিয়া হেবার (Haber) দেখান যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে হইলে (1) উচ্চ তাপ, (2) মধ্যম রকমের উষ্ণতা (Optimum temperature) এবং (3) অনুঘটক প্রয়োজন হয়। উপরন্তু উভমুখী ক্রিয়াকে একমুখী করার জন্য উৎপন্ন অ্যামোনিয়া যতদূর সম্ভব সত্বর ক্রিয়ার স্থল হইতে সরাইয়া লইতে হয়। অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন অধুনা হেবার পদ্ধতিতে হইয়া থাকে।

চিত্র নং 7

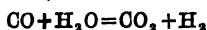
হেবার-পদ্ধতি : বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া চাপ দিবার যন্ত্র (পাম্প) দিয়া 200 গুণ বায়ুমণ্ডলের

চাপে সংকুচিত করিয়া ক্রোমিয়ামযুক্ত স্টীল দ্বারা নির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করান হয়। এই প্রকোষ্ঠের অভ্যন্তরে অনুঘটক (catalyst) সূক্ষ্ম বিশুদ্ধ লোহার গুঁড়া ও অনুঘটক-সহায়ক (promoter) মলিব্‌ডেনাম্ (molybdenum) নলের ভিতর ছোট ছোট তাকের উপর পর্যাপ্ত পরিমাণে রাখা হয় এবং বিদ্যুৎসাহায্যে উহাকে 550° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত রাখা হয়। অনুঘটকপূর্ণ নলগুলিকে ঘিরিয়া কঞ্চুকের মত উহার চারিদিকে একটি বহিঃপ্রকোষ্ঠ আছে। এই বহিঃপ্রকোষ্ঠ দিয়া উচ্চ তাপে সংকুচিত গ্যাস-মিশ্রণ প্রবাহিত হইয়া অবশেষে অনুঘটকের নলের ভিতর প্রবেশ করে এবং অনুঘটকের সংস্পর্শে আসে। ইহার ফলে মিশ্রণের শতকরা প্রায় 10 ভাগ গ্যাস অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবার সময় যথেষ্ট তাপের উদ্ভব হয়, এবং অনুঘটকযুক্ত নলের বাহির দিয়া শীতল গ্যাস-মিশ্রণটিকে চালনা করার ফলে বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপের কিছুটা শীতল গ্যাস মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিতে ব্যয়িত হয় এবং বাকী তাপের সাহায্যে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত হইয়া বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অধিক চাপে শীতকে (Cooling Chamber) স্থিত শীতলীকৃত কুণ্ডলীর ভিতর প্রবেশ করাইয়া শীতল করা হয়। শীতকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথার মিশ্রিত করিয়া হিম-মিশ্র তৈয়ারি করিয়া রাখা হয়। শীতকে অ্যামোনিয়া তরল হইয়া নিম্নস্থ নল দিয়া বাহির হইয়া একটি পাত্রের ভিতর সঞ্চিত হয়। পাম্পদ্বারা অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে পুনরায় উচ্চ চাপে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠান হয় ইহার সহিত কিছুটা নূতন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংশ্লেষণ দ্বারা সম্ভব হইয়াছে। জলে দ্রাবিত করিয়াও উৎপন্ন অ্যামোনিয়া অপসারিত করা যায়। তখন অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে শুষ্ক করিয়া বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠানো হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ ভারতে সিঁদরীতে এই উপায়ে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের প্রথম কারখানা স্থাপিত হইয়াছে। এইখানে জল-গ্যাস ($CO+H_2$) হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন এবং প্রোডিউসার গ্যাস ($CO+N_2$) হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসারণ দ্বারা নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড অপসারণ করার জন্য উভয় ক্ষেত্রেই উপযুক্ত পরিমাণ স্টীম মিশাইয়া মিশ্রণটিকে একটি Fe_2O_3 এবং Cr_2O_3 পূর্ণ 550° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম

করান হয়। ইহার ফলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এখানে Fe_2O_3 অনুঘটক এবং Cr_2O_3 অনুঘটক-সহায়কের কার্য করে।

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডকে 25 গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে জলে দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করা হয়। সামান্য পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড যাহা অপরিবর্তিত থাকে তাহা কিউপ্রাস ফরমেটের অ্যামোনিয়া-ঘটিত দ্রবণে শোষণ করিয়া অপসারণ করা হয়।

সিঁদরীতে তরলীকৃত বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা নাইট্রোজেন এবং হাইড্রো-কার্বনের উচ্চ উষ্ণতায় বিয়োজন হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনের ব্যবস্থাও করা হইয়াছে।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে গুঁড়া ক্যালসিয়াম সলফেট ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত জলের উপস্থিতিতে শোষিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সলফেটে পরিবর্তিত করা হয়।

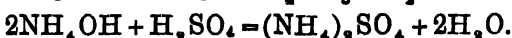
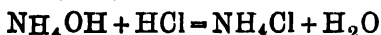
$$CaSO_4 + CO_2 + 2NH_3 + H_2O = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

উক্ত অ্যামোনিয়াম সলফেট বাজারে সার হিসাবে বিক্রয় হয়।

অ্যামোনিয়ার ধর্ম : (1) অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। (2) ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হালকা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5)। (3) ইহা সহজেই তরলীভূত হয়। 10° সেন্টিগ্রেডে 6 বায়ুমণ্ডলের চাপে তরল অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। (4) অ্যামোনিয়া জলে অতিশয় দ্রবণীয়। 1 আয়তন জলে 0° সেন্টিগ্রেডে প্রায় 1300 আয়তন গ্যাস দ্রবীভূত হয়। আমোনিয়ার গাঢ় দ্রবণকে 'লাইকার অ্যামোনিয়া' (Liquor Ammonia) বলে। লাইকার অ্যামোনিয়াতে 36% অ্যামোনিয়া থাকে। অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইবার সময় জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ($NH_3 + H_2O = NH_4OH$)। ইহা একটি ক্ষার। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড লাল লিটমাসকে নীল রং-এ পরিবর্তিত করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত সহজেই ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

$$NH_4OH + HNO_3 = NH_4NO_3 + H_2O$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O.$$

নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বয় দ্বারা উপরে লিখিত ধর্মগুলির সত্যতা প্রমাণিত হয় :—

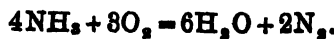
পরীক্ষা : (1) একটি শুষ্ক ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়া গ্যাস ভর্তি করা হয়। ফ্লাস্কের মুখ একটি ছিপি দিয়া বন্ধ করা হয়। ঐ ছিপির মধ্য দিয়া একটি সরু মুখবিশিষ্ট কাচের নল লাগান হয়। এই কাচ-নলে সরু রবারের নল দিয়া অন্য একটি কাচ-নল

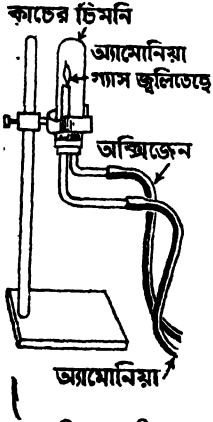
যুক্ত করা হয়। সরু রবারের নলে একটি পিন্‌চ-কক্ (pinch-cock) লাগান থাকে। তাহাতে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহিরে আসিতে বাধা পায়। ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া একটি আংটার ভিতর দিয়া প্রবেশ করাইয়া তাহার মুখটিকে আটকাইয়া দেওয়া হয়। কাচের নলের শেষপ্রান্ত পরে একটি বীকারে রক্ষিত লাল লিটমাসের দ্রবণের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পরে পিন্‌চ-কক্‌টি খুলিয়া দেওয়া হয় এবং ফ্লাস্কের উপর একটু ইথার (ether একটি সহজে বাষ্পীভূত তরল) ঢালিয়া ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করা হয়। তাহার ফলে ভিতরের অ্যামোনিয়া গ্যাস সংকুচিত হয় এবং ফ্লাস্কের ভিতর আংশিক শূন্যতা উৎপন্ন হয়। তখন কয়েক ফোঁটা লাল জল নল দিয়া উপরে উঠিয়া আসে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রুত উক্ত কয়েক ফোঁটা জলে দ্রবীভূত হয়। ফলে, ফ্লাস্কের অভ্যন্তরের চাপ একেবারে কমিয়া যায় এবং জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর ছড়াইয়া পড়ে। সঙ্গে সঙ্গে লাল জল নীল বর্ণে পরিবর্তিত হয়। এই পরীক্ষায় অ্যামোনিয়ার জলে অত্যধিক দ্রাব্যতা এবং উহার ক্ষারকত্ব উভয়ই প্রমাণিত হয়। এই পরীক্ষাকে **ফোয়ারা পরীক্ষা** (Fountain Experiment) বলে।

চিত্র নং ৪

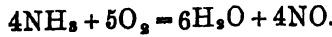
পরীক্ষা ঃ একটি অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাস-জারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত একখানি ফিলটার কাগজ ছাড়িয়া দেওয়া হইলে তৎক্ষণাৎ প্রচুর সাদা ধোঁয়ায় গ্যাস-জারটি ভর্তি হইয়া যায়। ঐ সাদা ধোঁয়াটি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের কণার সমষ্টিমাত্র। অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এই দুইটি গ্যাস একত্রিত করিলেই তাহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$.

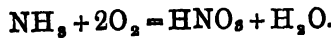
(5) অ্যামোনিয়া অন্য দ্রব্যের দহনে সাহায্য করে না এবং বায়ুতে ইহা দাহ্য নহে। কিন্তু অক্সিজেনের ভিতর ইহা সহজেই হলুদ রং-এর শিখায় সহিত জ্বলিতে থাকে ;—

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2.$$

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা অক্সিজেনে অ্যামোনিয়ার দহন দেখান হইয়াছে :

পরীক্ষা : একটি কাচের চিমনির মুখটি কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া উহার ভিতর দিয়া সমকোণে বাঁকান একটি ছোট এবং একটি দীর্ঘ কাচ নল লাগান হয়। দীর্ঘ নলটি এরূপ যে উহা চিমনির শেষপ্রান্ত পর্যন্ত পৌছায় এবং ছোট নলটি ঠিক কর্কের উপরে থাকে। কর্কের উপর কিছু তুলা রাখা হয়। ছোট নল দিয়া অক্সিজেন এবং বড় নল দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চিমনিতে প্রবেশ করান হয়। সামান্যক্ষণের জন্য চিমনির উপর মুখ হাত দিয়া বন্ধ করিয়া রাখিতে হয়। পরে বড় নলটির মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা হলুদবর্ণের শিখার সহিত জ্বলে।

চিত্র নং 9

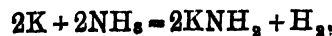
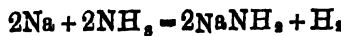
(6) অ্যামোনিয়া ও বায়ু 1 : 7·5 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া 550°-700° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত প্লাটিনাম জালির (অনুঘটক) উপর দিয়া দ্রুত প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়

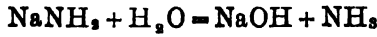
$$4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO.$$

বায়ুর পরিবর্তে অ্যামোনিয়া ও অবিমিশ্র অক্সিজেন 1 : 2 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উক্ত মিশ্রণের সহিত কিছুটা স্টীম মিশাইয়া (অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণে স্টীম না মিশাইয়া অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ হয়) প্লাটিনাম জালির উপর দিয়া 550°-700° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় দ্রুত অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + 2O_2 = HNO_3 + H_2O.$$

আধুনিক নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পউৎপাদন এই দুই বিক্রিয়ার উপর প্রতিষ্ঠিত।

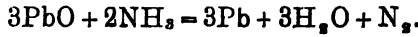
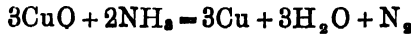
(7) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যামাইড (amide) উৎপন্ন হয়।

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

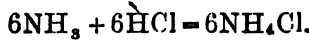
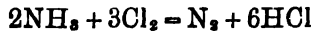
$$2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2.$$

অ্যামাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে পুনরায় অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইতে পারে।

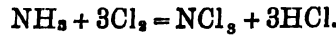
$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$

(8) অ্যামোনিয়া ক্ষীণ **বিজারক**। ইহা উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডকে (যথা, CuO, PbO প্রভৃতি) বিজারিত করে।

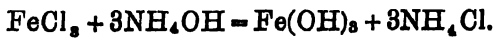
$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

$$3PbO + 2NH_3 = 3Pb + 3H_2O + N_2.$$

(9) অ্যামোনিয়া ক্লোরিণের সহিত দুই ভাবে ক্রিয়া করে। অ্যামোনিয়া অধিক পরিমাণে থাকিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং উক্ত উৎপাদিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

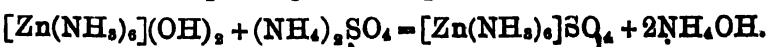
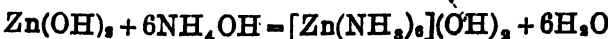
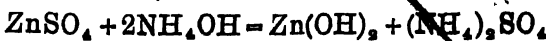
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl.$$

অতিরিক্ত ক্লোরিণের সহিত অ্যামোনিয়ার ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (NCl_3) উৎপন্ন হয়। ইহা হলুদ রং-এর তৈলাক্ত পদার্থ এবং ভয়াবহ বিস্ফোরক।

$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl.$$

(10) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন ধাতব লবণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় যোগদান করে। তাহার ফলে কতকগুলি ধাতুর হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, যথা, ফেরিক ক্লোরাইডের সহিত ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl.$$

কিন্তু কতকগুলি ধাতুর হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আবার অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হয়। যথা, জিঙ্ক সলফেট হইতে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে তাহা দ্রবীভূত হয়।

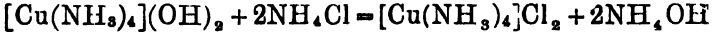
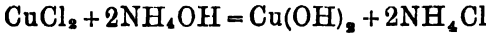
$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$Zn(OH)_2 + 6NH_4OH = [Zn(NH_3)_6](OH)_2 + 6H_2O$$

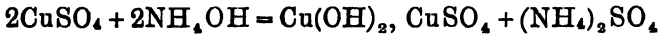
$$[Zn(NH_3)_6](OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 = [Zn(NH_3)_6]SO_4 + 2NH_4OH.$$

সেইরূপ কপার ক্লোরাইড অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত ক্রিয়া করিয়া গাঢ় নীলবর্ণের কিউপ্র্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

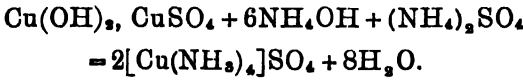
$$CuCl_2 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + 2NH_4Cl$$

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

$$[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 2NH_4Cl = [Cu(NH_3)_4]Cl_2 + 2NH_4OH$$

কিউপ্র্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

দ্রষ্টব্য: কপার সলফেটের সহিত অ্যামোনিয়ার দ্রবণের বিক্রিয়ায় প্রথমে ক্ষারীয় কপার সলফেট উৎপন্ন হয়;

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2, CuSO_4 + (NH_4)_2SO_4$$

পরে এই ক্ষারীয় কপার সলফেট অধিক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্র্যামোনিয়াম সলফেট দ্রবণে উৎপন্ন করে।

$$Cu(OH)_2, CuSO_4 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4$$
$$= 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O.$$

অ্যামোনিয়ার অভীক্ষণ: (ক) তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধদ্বারা অ্যামোনিয়ার উপস্থিতি বুঝা যায়। (খ) ইহা লাল লিট্‌মাসের দ্রবণকে নীল রং-এ পরিবর্তিত করে। (গ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণে কাচদণ্ড ডুবাইয়া গ্যাসের ভিতর ধরিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। (ঘ) জলে অদ্রাব্য লাল মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2) পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রাব্য এবং উক্ত দ্রবণে পটাসিয়াম মারকিউরিক আয়োডাইড (K_2HgI_4) থাকে। উক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত কস্টিক. পটাসের (KOH) দ্রবণ যোগ করিলে মিশ্রিত দ্রবণকে নেস্‌লারের (Nessler's) দ্রবণ বলে। উক্ত দ্রবণ সাদা, কিন্তু তাহাতে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অতি সামান্য পরিমাণ (10^7 ভাগ জলে 1 ভাগ) অ্যামোনিয়া থাকিলেও দ্রবণের রং বাদামী হয়। অতএব অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিও নেস্‌লারের দ্রবণ দ্বারা ধরা যায়। (ঙ) মারকিউরাস নাইট্রেটের [$Hg_2(NO_3)_2$] দ্রবণে ফিলটার কাগজ ডুবাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাসে ধরিলে তাহা কালো হইয়া যায়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার: (1) অ্যামোনিয়ার দ্রবণ ক্ষারক হিসাবে রসায়নাগারে রাসায়নিক পরীক্ষায় বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়। (2) ইহা ঔষধরূপেও ব্যবহৃত হয়। (3) সল্‌ভে প্রণালী দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেটের

(Na_2CO_3) পণ্য উৎপাদনে, অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতে এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (4) তরল অ্যামোনিয়া বরফ প্রস্তুতে জল ঠাণ্ডা করার জন্য ব্যবহৃত হয় এবং প্রেক্ষাগৃহের ও রেলগাড়ীর ভিতরের বায়ু ঠাণ্ডা করার জন্য ব্যবহৃত হয় (Air-conditioning)। কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণ, যথা, অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$)], অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3), অ্যামোনিয়াম ফসফেট [$(NH_4)_3PO_4$] প্রভৃতি, জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

হিমায়ক (Refrigerator) ঃ শীতলতা উৎপাদনের জন্য কতকগুলি তরলীকৃত গ্যাসের দ্রুত বাষ্পীভবনের আশ্রয় লওয়া হয় এবং এই প্রক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন করার জন্য কতকগুলি যন্ত্র নির্মিত হইয়াছে। তরল অ্যামোনিয়া, তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড, তরল সলফার ডাই-অক্সাইড, প্রভৃতির দ্রুত বাষ্পীভবন ও পুনরায় তরলীভবন সম্পন্ন করিবার জন্য হিমায়ক প্রস্তুত করা হইয়াছে। হিমায়কে ইলেকট্রিক পাম্পের সাহায্যে বাষ্পীভূত তরলে চাপ প্রয়োগ করিয়া পুনরায় তরল অবস্থায় আনয়ন করা হয় এবং সেই তরলকে পুনরায় দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে দেওয়া হয়।

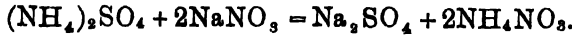
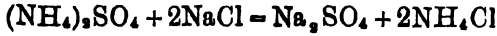
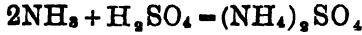
পচনশীল দ্রব্য, যথা মাংস, ফল প্রভৃতি হিমায়কে রাখিলে ভালভাবে কিছুদিন সংরক্ষণ করা যায়। এইভাবে দ্রব্যাদির রক্ষণকে শৈত্যাধারে সংরক্ষণ (cold storage) বলে। এই একই উপায়ে গ্রীষ্মপ্রধান দেশে ঘরগুলিকে শীতল রাখার (air-conditioning) ব্যবস্থা করা হয় এবং ঘরের ভিতর ছাদের নিকট অবস্থিত নলের ভিতর দিয়া তরল অ্যামোনিয়া বা তরল সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া তাহাদের বাষ্পীভবন দ্বারা শৈত্য উৎপাদন করা হয়।

অ্যামোনিয়াম লবণ (Ammonium Salts) ঃ পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, অ্যামোনিয়া ক্ষারকজাতীয় পদার্থ; সুতরাং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ উৎপাদন করে। এই লবণগুলিকে **অ্যামোনিয়াম লবণ** বলে। অ্যামোনিয়া অতি ক্ষীণ (weak) ক্ষারক হইলেও ইহার লবণগুলি সুস্থিত (stable) যৌগ এবং সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের লবণের সহিত সমাকৃতি (isomorphous)। অ্যামোনিয়া দ্বারা বিভিন্ন অ্যাসিড প্রশমিত (neutralising) করিয়া কিংবা অ্যামোনিয়াম সলফেট হইতে অন্যান্য অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুত করা হয়।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3.$$

এই সমস্ত লবণে 'NH_4' যৌগমূলকটি (radical) থাকে এবং ইহাকে অ্যামোনিয়াম মূলক বলে। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং জলের দ্রবণ বিদ্যুৎ-পরিবাহী। ইহারা ঈষৎ উদ্বায়ী ও উত্তাপ দিলে অতি সহজে উৎক্ষিপ্ত (sublimes) হয়। কোন কোন অ্যামোনিয়াম লবণে তাপ দিলে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিড উৎপাদন করে। যেমন, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে তাপ প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl.$$

তাপ সরাইয়া লইলে অর্থাৎ শীতল করিলে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড পুনরুৎপাদন করে। সেইজন্য '=' এর পরিবর্তে সমীকরণে '$\rightleftharpoons$' ব্যবহার করা হইয়াছে। ইহাকে 'তাপ-বিয়োজন' (Thermal dissociation) বলা হয়।

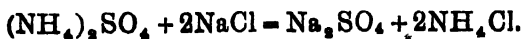
অ্যামোনিয়াম সলফেট, $(NH_4)_2SO_4$: (i) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা উৎপন্ন বা হেবার প্রণালীতে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকে সোজাসুজি ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডে চালনা করিলে ক্রমশঃ অ্যামোনিয়াম সলফেট কেলাসিত হয়। (ii) বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সলফেট জলের সহিত মিশাইয়া উক্ত মিশ্রণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয় ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$ অ্যামোনিয়াম সলফেট সার হিসাবে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl : অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা ইহা পাওয়া যাইতে পারে।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl.$$

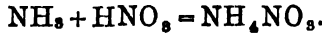
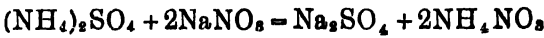
অ্যামোনিয়াম সলফেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণ একত্র করিয়া ফুটাইয়া বিপরিবর্ত ক্রিয়া সংঘটন দ্বারা উহা প্রস্তুত করা যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl.$$

জলে সোডিয়াম সলফেটের দ্রাব্যতা কম। সেইজন্য ঠাণ্ডা করিলে Na_2SO_4, $10H_2O$ সহজেই কেলাসিত হয় এবং তাহাকে পৃথক করা যায়। পরে অবশিষ্ট দ্রবণকে কেলাসিত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক পাওয়া যায়।

রাসায়নিক পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষায় বিকারক হিসাবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। কোন কোন তড়িৎ-উৎপাদক কোষে এবং ব্যাটারীতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। রঞ্জনশিল্পেও প্রচুর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। ঝাল দিতে এবং দস্তালিপিতে (Zinc-plating) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগে।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, NH_4NO_3 **:** অ্যামোনিয়াম সলফেট এবং সোডিয়াম নাইট্রেটের ঘন দ্রবণ একত্র মিশাইয়া ফুটাইলে, অথবা অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ মিশাইলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। প্রথম উপায় অবলম্বন করিলে দ্রবণটিকে প্রথমে ঠাণ্ডা করিতে হয়। তাহাতে Na_2SO_4, $10H_2O$ কেলাসিত হয় এবং সেই কঠিন কেলাস হইতে দ্রবণকে পৃথক করিয়া পুনরায় কেলাসিত করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3.$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট অ্যামোন্যাল (ammonal), অ্যামাটল (amatol) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুত করিতে এহং জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আমাদের দেশে সলফারের কোন সন্ধান এ পর্যন্ত পাওয়া যায় নাই। সেইজন্য অ্যামোনিয়াম সলফেটের বদলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটই সার হিসাবে ব্যবহার করা আমাদের দেশে সুবিধাজনক। সম্প্রতি রাজস্থানে জিপসম (Gypsum, $CaSO_4$, $2H_2O$) আকরিক হিসাবে আবিষ্কৃত হওয়ার ফলে সিঁদরীতে অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, $(NH_4)_2CO_3$, অ্যামোনিয়ামের সহিত কার্বনিক অ্যাসিডের কার্বনেট যৌগমূলক সংযোগে উৎপন্ন লবণ। ইহা ঘ্রাণ লইবার লবণে (Smelling salt), ঔষধে, রুটি সেঁকিবার গুড়ায় (baking powder) ও রঞ্জনশিল্পে ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষায় বিকারক হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

জমিতে সার হিসাবে অ্যামোনিয়াম লবণ যোগ করিলে জমিতে যে ক্ষার আছে

তাহার সহিত বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়; তাহার পর নাইট্রোসিফাইং ব্যাক্টিরিয়া (Nitrosifying bacteria) উক্ত অ্যামোনিয়াকে নাইট্রাস অ্যাসিডে এবং নাইট্রিফাইং ব্যাক্টিরিয়া (Nitrifying bacteria) পরে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে। উক্ত অ্যাসিডদ্বয় জমিস্থিত ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রাইট ও নাইট্রেট উৎপন্ন করে। এই নাইট্রাইট ও নাইট্রেট গাছ ও শস্যেরা আহার্যরূপে শিকড় দ্বারা গ্রহণ করে। এই বিষয় পুনরায় **নাইট্রোজেন-চক্রে** (Nitrogen Cycle) আলোচিত হইয়াছে।

Questions

1. How is ammonia prepared in the laboratory? Describe the procedure followed in order to get ammonia in a dry state.

Describe experiments to illustrate the following properties of ammonia :—

(i) Solubility in water, (ii) combustibility, (iii) lightness and (iv) alkalinity.

State the conditions in which it can be oxidised to nitric oxide or nitric acid.

১। পরীক্ষাগারে কিভাবে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা যায়? অ্যামোনিয়াকে শুষ্ক অবস্থায় পাইতে হইলে কি উপায় অবলম্বন করা হয় তাহা বর্ণনা কর।

পরীক্ষামূলকভাবে অ্যামোনিয়ার নিম্নলিখিত ধর্মগুলির প্রমাণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ :—

(ক) জলে দ্রাব্যতা, (খ) দহনশীলতা, (গ) লঘুত্ব এবং (চ) ক্ষারকত্ব।

যে অবস্থায় ইহা নাইট্রিক অক্সাইডে বা নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয় তাহা উল্লেখ কর।

2. Ammonia cannot be dried with concentrated sulphuric acid, nor with phosphorus pentoxide, nor with fused calcium chloride. State the reason, with equations.

What reactions do take place between ammonia and water or hydrochloric acid or chlorine? Express the reactions by equations.

২। অ্যামোনিয়া শুষ্ক করিবার জন্য ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড বা ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড বা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা যায় না। সমীকরণ-সহকারে ইহার কারণ উল্লেখ কর। জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ক্লোরিণের সহিত অ্যামোনিয়ার কি কি বিক্রিয়া ঘটে? সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর।

3. Describe Haber's process for the manufacture of ammonia.

৩। অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদনের হেবার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

4. What procedure is to be followed for getting ammonia from a mixture of ammonia and oxygen ?

Describe, with equations, what happens when ammonia gas is passed over heated cupric oxide and heated metallic sodium.

৪। অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি উপায় অবলম্বন করা হয় ?

উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড এবং উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালিত করিলে কি প্রকার বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

5. How can nitrogen be converted into ammonia and ammonia into nitrogen ? State the changes which occur by adding ammonia to the following substances :—

Copper sulphate solution, mercurous nitrate solution, a suspension of silver chloride in water and a solution of mercuric iodide in potassium iodide solution. Express the reactions by equations.

৫। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি উপায় অবলম্বন করা হয় ? কপার সলফেটের দ্রবণ, মারকিউরাস নাইট্রেটের দ্রবণ, সিলভার ক্লোরাইডের সহিত জলের মিশ্রণ এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে মারকিউরিক আয়োডাইডের দ্রবণ—এইগুলিতে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে কি কি পরিবর্তন দেখা যায় তাহা লিখ। সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর।

6. How are ammonium salts prepared ? What are the uses of ammonium salts ? Name three important ammonium salts with their formulae and state their methods of preparation with equations.

৬। অ্যামোনিয়ার লবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? অ্যামোনিয়ার লবণগুলি কোন্ কোন্ প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয় ? তিনটি বিশেষ প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম লবণের সংকেত এবং উৎপত্তির বিষয় সমীকরণ সহকারে লিখ।

7. How is ammonia prepared in the laboratory ? How is the gas dried and collected ? Sketch the apparatus used. State its principal properties and uses.

৭। পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? গ্যাসটিকে কিভাবে শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয় ? পরীক্ষা ব্যাপারে ব্যবহৃত যন্ত্রটির ছবি আঁক। ইহার প্রধান প্রধান ধর্মগুলি ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

ষোড়শ অধ্যায়

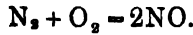
নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric Acid)

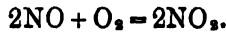
আণবিক সংকেত—HNO_3 ; আণবিক ওজন—63.

ঘনাঙ্ক (14° সেন্টিগ্রেডে) 1·52, স্ফুটনাঙ্ক 78·2° সেন্টিগ্রেড।

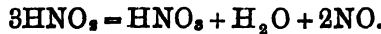
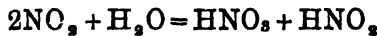
নাইট্রেট ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট খনিজ হিসাবে অথবা উষ্ণ প্রদেশের জমিতে পাওয়া যায়। সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) দক্ষিণ আমেরিকার চিলি ও পেরু প্রদেশের বৃষ্টিহীন স্থানসমূহে খনিজ হিসাবে যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া যায়। পূর্বে সোরাওয়ালারা ভারতবর্ষের নানা স্থানে ঘুরিয়া সোরা-(nitre, KNO_3)-যুক্ত মাটি সংগ্রহ করিত। আস্তাবলের নিকট বা গরু-মহিষাদির খাটালের নিকট জমিতে সোরা উৎপন্ন হয়।

আকাশে বিদ্যুৎমোক্ষণের ফলে উপরের বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + O_2 = 2NO.$$

উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুমণ্ডলের অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

উক্ত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বৃষ্টির জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO.$$

ঐ নাইট্রিক অ্যাসিড মাটিতে অবস্থিত ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রেট উৎপন্ন করে এবং উক্ত নাইট্রেট জমিতে জমা হয়।

আবার জীবজন্তু ও মানুষের মলমূত্রাদি পচনের ফলে অ্যামোনিয়া উদ্ভূত হয়। উক্ত অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাইং ব্যাক্টিরিয়া (Nitrosifying bacteria) দ্বারা প্রথমে নাইট্রাস অ্যাসিডে এবং পরে নাইট্রিফাইং ব্যাক্টিরিয়া (Nitrifying bacteria) দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়।

উক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড জমির ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেটে (সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের) পরিবর্তিত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার বহুদিন হইতেই জানা আছে। অ্যালকেমিস্টগণ (Alchemists) ইহাকে 'অ্যাকোয়া ফর্টিস্' (Aqua Fortis) বলিতেন। ইহার তাৎপর্য হইল 'শক্তিশালী জল' এবং ইহা একটি শক্তিশালী দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হইত। লাভয়সিয়ার অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ইহাতে অক্সিজেনের অবস্থিতি প্রমাণ করেন এবং গে-লুসাক 1816 খ্রীষ্টাব্দে ইহার সংযুক্তি নির্ণয় করেন।

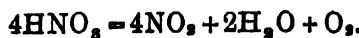
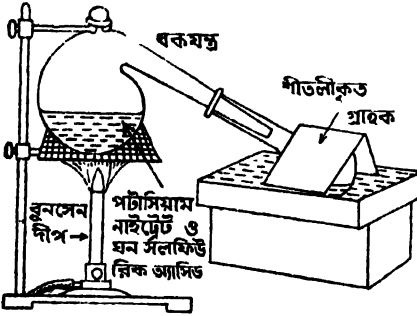
অবস্থান ঃ বায়ুমণ্ডলে মুক্তভাবে (free) নাইট্রিক অ্যাসিড অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার কারণ পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। যুক্তভাবে ইহা পটাসিয়াম ন্যাইট্রেট বা নাইটার (nitre) রূপে এবং চিলি সল্ট পিটার (Chille salt-petre) বা সোডিয়াম নাইট্রেটরূপে পাওয়া যায়। জমিতে ইহাদের উৎপত্তির বিষয় পূর্বেই বলা হইয়াছে।

প্রস্তুতি ঃ সাধারণতঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ, যেমন সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহার কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড খুব উদ্বায়ী। কম পরিমাণে উদ্বায়ী সলফিউরিক অ্যাসিডসহ কোন নাইট্রেটকে পাতিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে এবং শীতকে তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং গ্রাহকে জমে। এই বিক্রিয়াটি দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়, যথা—

(i) $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$ (অল্প উষ্ণতায়)।

(ii) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$ (উচ্চ উষ্ণতায়)।

নিম্নলিখিত তিনটি কারণে অল্প উষ্ণতায় ক্রিয়াদ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় :—(1) উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হয় এবং বাষ্পে নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিমাণ কমিয়া যায়। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড মিশ্রিত হইয়া যায় এবং উহার রং লাল হয়। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2.$$

(2) উচ্চ উষ্ণতায় যে পটাসিয়াম বা সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয় তাহা সহজেই কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং তখন ইহাদের সহজে পাত্র হইতে অপসারিত করা যায় না। অপরপক্ষে কম উষ্ণতায় পটাসিয়াম বা সোডিয়াম হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয় এবং উক্ত উষ্ণতায় ইহারা গলিত তরল হিসাবে থাকে। সেই অবস্থায় ঢালিয়া ফেলিলেই ইহাদের অপসারণ-ক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়।

চিত্র নং 10—নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতি

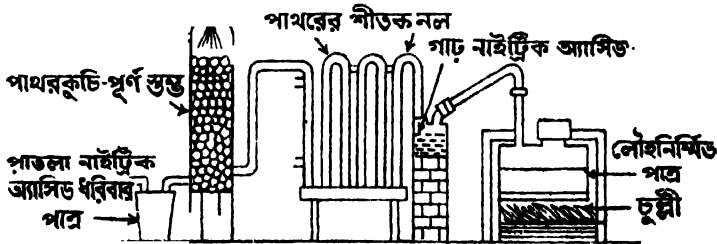
(3) উচ্চ উষ্ণতায় উদ্ভূত নাইট্রিক অ্যাসিড পাত্রের উপাদানের সহিত ক্রিয়া করিয়া তাহার ক্ষতি করে। আবার কাচ-পাত্র উচ্চ উষ্ণতায় সহজেই ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে।

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতের প্রণালী : সমপরিমাণ ওজনের পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড একটি কাচের বকযন্ত্রে লওয়া হয়। বকযন্ত্রটির উপর দিকে একটি কাচের ছিপি লাগান থাকে। উক্ত কাচের ছিপি খুলিয়া কঠিন পটাসিয়াম নাইট্রেট ঢালিয়া দিয়া ফ্লানেলের সাহায্যে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। বকযন্ত্রটিকে বন্ধনী দিয়া একটি লৌহদণ্ডের সহিত আটকান হয়। বকযন্ত্রটির সরু মুখ একটি কাচের ফ্লাস্কের মধ্যে ঢোকান হয়। উক্ত ফ্লাস্কটি গ্রাহকের কার্য করে। ফ্লাস্কটিকে একটি গ্যাসদ্রোণীস্থিত ঠাণ্ডা জলে ভাসাইয়া রাখা হয় এবং তাহার উপরে ভিজা ব্লটিং-কাগজ সর্বদা জলদ্বারা ভিজাইয়া রাখা হয়। ইহাতে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা হয়। বক-যন্ত্রটিকে ছিপি বন্ধ করিয়া একটি তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপদ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় 200° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে (i) নং বিক্রিয়া অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উৎপন্ন হয়। উক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প শীতলীকৃত ফ্লাস্কে আসিয়া ঈষৎ হরিদ্রাভ তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

ইহার পর যদি উষ্ণতা 800° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত বৃদ্ধি করা যায় তবে (ii) নং বিক্রিয়া অনুসারে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু উক্ত উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের কতকাংশ বিশ্লিষ্ট হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিমাণ

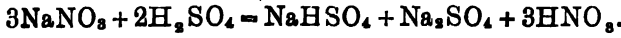
কমিয়া যায় ও অ্যাসিডটি অশুদ্ধ অবস্থায় আসে। কারণ এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে জল এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে এবং ইহার রং বাদামী হয়।

বিশুদ্ধীকরণঃ এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া অপেক্ষাকৃত কম চাপে পাতিত করিলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই 98% নাইট্রিক অ্যাসিডকে 60°—70° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া বুদবুদের আকারে বায়ু বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (N_2O_4) অপসারিত হয় এবং ইহা বর্ণহীন হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ 100% নাইট্রিক অ্যাসিড পাইতে হইলে উক্ত বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিডকে-42° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করিলে বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিডের কেলাস উৎপন্ন হয় এবং সেইগুলি পৃথক করিয়া সংগ্রহ করিতে হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনঃ (1) পরীক্ষাগার প্রণালীর দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন হইয়া থাকে। কিন্তু তখন দামী পটাসিয়াম নাইট্রেট ব্যবহার না করিয়া সস্তা সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলিতে যাহা খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়) ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম নাইট্রেট এবং তদুপযুক্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড একটি ঢালাই লোহার বড় পাত্রে লওয়া হয়। উক্ত লোহার পাত্রটি একটি ইটের গাঁথনির ভিতর অবস্থিত অগ্নিসহ মৃত্তিকা-মণ্ডিত (lined with fireclay) চুল্লীতে বসান হয়। চুল্লীতে কয়লা জ্বালাইয়া লোহার পাত্রটিকে 200°—250° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। লোহার পাত্রটি এমনভাবে বসান

চিত্র নং 11—নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন

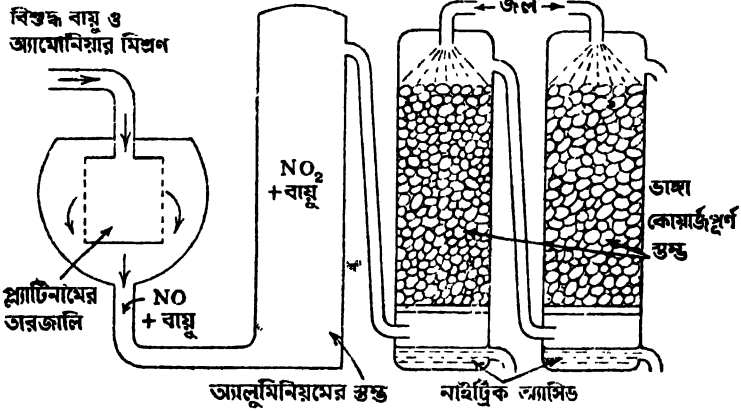
থাকে যে, চুল্লী হইতে যে উত্তপ্ত গ্যাস বাহির হয় তাহা লৌহ পাত্রের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সমভাবে উত্তপ্ত করে। ইহার ফলে লৌহপাত্রের ভিতর

নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প তরল অবস্থায় আসিতে পারে না। নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উপরের একটি নির্গমন-নল দিয়া বাহির হইয়া প্রথমে একটি পাথরের তৈয়ারী বোতলে যায় ও সেখানে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডরূপে সঞ্চিত হয়। পরে কতকগুলি পাথর বা সিলিকা (Silica) নির্মিত শীতল-নলে উহা প্রবেশ করে। সেখানেও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই শীতল-নলগুলির নিম্নে অবস্থিত একটি পাথরের গ্রাহকে অ্যাসিডটি তরল অবস্থায় সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প যাহা তরলায়িত হয় না তাহা একটি পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের নিম্নে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে এবং ঐ স্তম্ভের উপর হইতে ঠাণ্ডা জলস্রোত নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প জলে দ্রবীভূত হইয়া পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং স্তম্ভের নীচে জমে। উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিডের কিয়দংশ বিয়োজিত হইয়া যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাও জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে; তাহাও স্তম্ভের নীচে জমা হয়। যে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হয় তাহা এইরূপ :—

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3.$$

সোডিয়াম সলফেট ও সোডিয়াম বাই-সলফেটের মিশ্রণটি তরল অবস্থায় লৌহ-পাত্রের নীচে জমা হয়। লৌহপাত্রের নিম্নদিকে সংযুক্ত একটি নল দিয়া উক্ত মিশ্রণটি অপসারিত করা হয় এবং নূতন করিয়া সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লৌহপাত্রে লওয়া হয়।

ভেলেন্টিনার পদ্ধতিতে (Valentiner Process) যন্ত্রটিকে বায়ুনিরুদ্ধ করা হয় এবং পাম্পের সাহায্যে যন্ত্রটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অল্পচাপে পাতিত করার জন্য নিম্ন উষ্ণতায় (100°—150° সেন্টিগ্রেড) পাতনকার্য নিষ্পন্ন হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন অনেক পরিমাণে কমিয়া যায়। বিক্রিয়াটিও অতি দ্রুত নিষ্পন্ন হয়।

বেঙ্গল কেমিক্যাল ও ফার্মাসিউটিক্যাল কোম্পানি মাটির কলসীতে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্পকে পর পর ঠাণ্ডা কলসীর ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিড সংগ্রহ করে। বিক্রিয়ার পরে কলসী ভাঙ্গিয়া পটাসিয়াম সলফেট সংগ্রহ করিয়া ফটকিরি [Alum $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$] প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়।

(2) বর্তমানে হেবার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে বায়ুস্থ অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়। এই প্রণালীকে

চিত্র নং 12—অস্‌টওয়াল্ড প্রণালী

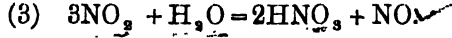
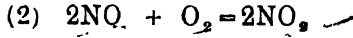
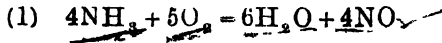
অস্‌টওয়াল্ড প্রণালী (Ostwald Process) বলে। এই প্রণালীতে প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করা হয়। প্রণালীটি এইরূপ :—

1 আয়তন বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া 7·5 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ধূলাবালি হইতে মুক্ত বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া উক্ত মিশ্রণ অতি দ্রুতভাবে একটি অ্যালুমিনিয়াম বাক্সে (Converter) অবস্থিত ও তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা প্রথমে 700° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত প্লাটিনামের তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয় (চিত্র নং 12)। পরে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে তাপ উদ্ভূত হয়, তাহাই প্লাটিনামের তারজালিটিকে প্রয়োজনীয় উষ্ণতায় উত্তপ্ত রাখে। বায়ুর অক্সিজেন অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড একটি শূন্য স্তম্ভের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। তাহার পর সেই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডকে পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের নিম্নে প্রবেশ করান হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলস্রোত প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের নীচে

পাথরের পাত্রে নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ সঞ্চিত হয় এবং পরে নল দিয়া বাহির করিয়া আনিয়া অন্য পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

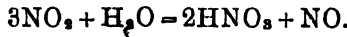
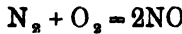
$$(1)\quad 4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO$$

$$(2)\quad 2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$(3)\quad 3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

এই প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সম্ভব হওয়ার পূর্বে বায়ুস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনকে তড়িৎমোক্ষণ দ্বারা 3000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হইত। তাহার পর উক্ত নাইট্রিক অক্সাইডকে 3000° সেন্টিগ্রেড হইতে সহসা 1000° সেন্টিগ্রেডে শীতল করিয়া একটি জলীয় বাষ্প-উৎপাদনের বয়লারের নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া 150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করা হইত। তখন উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিবর্তিত হইত। তাহার পর পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের ভিতর জলের সহিত ক্রিয়া করিতে দিয়া উক্ত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা হইত এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ সংগ্রহ করা হইত।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO.$$

এই প্রণালীকে **বার্কল্যাণ্ড এবং আইড** (Birkeland and Eyde) প্রণালী বলা হয়। এক্ষণে এই প্রণালীতে আর নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয় না। তাহার কারণ ইহাতে খুব বেশী তড়িৎশক্তি দরকার হয়। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনে তত বেশী তড়িৎশক্তির প্রয়োজন হয় না।

সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন বাজারের নাইট্রিক অ্যাসিডে ক্লোরিণ, আয়োডিক অ্যাসিড (Iodic acid, HIO_3), আয়রণের লবণ, সোডিয়াম সলফেট, সলফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ইহাকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে ইহার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কাচের বকযন্ত্র হইতে পাতিত করা হয়। প্রথম $\frac{1}{3}$ অংশে ক্লোরিণ, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত আসিয়া গ্রাহকে জমে। তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়। দ্বিতীয় $\frac{1}{3}$ অংশ পাতন দ্বারা সংগ্রহ করা হয় তৃতীয় $\frac{1}{3}$

অংশ বকযন্ত্রে ছাড়িয়া দেওয়া হয় এবং পরে তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়। মাঝের ½ অংশ সামান্য উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া বায়ু বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ইহাতে উড়িয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের লাল রং অপসারিত হয়। এই অ্যাসিডে 99·8% নাইট্রিক অ্যাসিড থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে ওজোনসংযুক্ত অক্সিজেন গ্যাস চালনা করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অশুদ্ধিকে জলের উপস্থিতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করা হয়।

ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming Nitric Acid) : গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে সামান্য শ্বেতসার (Starch) বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) যোগ করিয়া পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে অনেকটা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (N_2O_4) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) দ্রবীভূত হইয়া থাকে। সেইজন্য ইহার বর্ণ বাদামী।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম : নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ। ইহার গন্ধ তীব্র ও শ্বাসরোধী। ইহা জলে সকল অনুপাতে দ্রাব্য। ইহার ঘনত্ব 1·52। 78·2° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা ফুটিয়া থাকে, কিন্তু ফুটিবার সময় ইহা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া যায়।

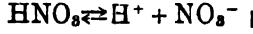
$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় কোন পাত্রে রাখিলে ইহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে।

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড প্রমাণ চাপে পাতিত করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় চলিয়া যায় এবং অ্যাসিডে জলের পরিমাণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। জলের পরিমাণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া যখন উহাতে শতকরা 68 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড আসিয়া দাঁড়ায়, তখন উহা 120·5° সেন্টিগ্রেডে ফুটিতে থাকে এবং অবিকৃত অবস্থায় পাতিত হইতে থাকে। আবার পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পাকারে চলিয়া যায়, যতক্ষণ না শতকরা 68 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। তাহার পর পাতিত করিলে উক্ত 68% নাইট্রিক অ্যাসিড অবিকৃত অবস্থায় পাওয়া যায়। চাপ পরিবর্তিত করিলে পাতিত তরলের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন সংঘটিত হয় এবং উহাতে অ্যাসিডের পরিমাণেরও হ্রাসবৃদ্ধি ঘটিয়া থাকে। তাহা হইতে জানা যায় উক্ত 120·5° স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড জল ও

নাইট্রিক অ্যাসিডের যৌগ নহে, উহা জল ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ মাত্র, যদিও উহার একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক দেখা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা প্রায় সম্পূর্ণরূপে হাইড্রোজেন আয়ন (ion) এবং নাইট্রেট আয়নে ভাঙ্গিয়া যায় :—

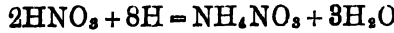
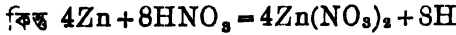
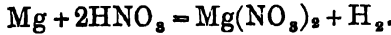
$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$ ।

ইহার আম্লিকগুণ নিম্নলিখিত উপায়ে প্রমাণিত হয় :—

(1) নীল লিটমাসের দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে উহা লাল হইয়া যায়।

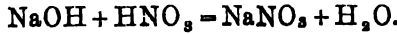
(2) ইহার হাইড্রোজেন ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ এই দুইটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে বাহির হইয়া আসে। অন্যান্য অনেক ধাতুও হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে বটে, কিন্তু সে হাইড্রোজেন জায়মান অবস্থায় উদ্ভূত হয় বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2.$$

কিন্তু $4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$

$$2HNO_3 + 8H = NH_4NO_3 + 3H_2O$$

অতএব যোগ করিয়া, $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$ ।

(3) ইহা ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে।

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O.$$

নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে যে সকল লবণ উৎপন্ন হয় তাহাদের নাইট্রেট বলে। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের কথা পূর্বে বলা হইয়াছে। কোন ধাতুর নাইট্রেট প্রস্তুত করিতে হইলে সেই ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। প্রায় সকল ধাতুই (কেবল গোল্ড, প্লাটিনাম ও ইরিডিয়াম ভিন্ন) নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। ক্ষারক বস্তুর (যথা, অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট) উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলেও নাইট্রেট উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

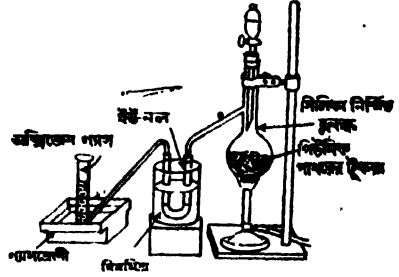
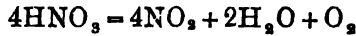
$$ZnO + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O.$$

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O.$$

তাপে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। একটি সিলিকা-ফ্লাস্কে (অতিশয় তাপসহ এবং সহসা উত্তপ্ত অবস্থায় জলে ডুবাইলে উহা ফাটিয়া যায় না) স্থিত উত্তপ্ত পিউমিস পাথরের টুকরার উপর বিন্দুপাতন ফানেলের সাহায্যে ফোঁটা ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে লালবর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। ঐ উত্তপ্ত গ্যাসীয় পদার্থকে হিমমিশ্রে অবস্থিত U-নলের মধ্যদিয়া অতিক্রম করান হইলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল U-নলে জমে। অক্সিজেন U-নলের মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে

চিত্র নং 13

এবং জলপূর্ণ গ্যাস-জারে জলের প্রতিস্থাপন দ্বারা সংগ্রহ করা যায়। এই গ্যাসজারে অর্ধ-জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে।

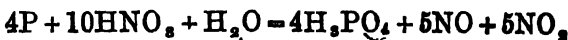
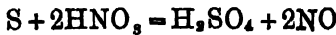
$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিড অতি তীব্র জারক। অধিকাংশ অ-ধাতব মৌল (non-metallic elements) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ফুটাইলে উহারা জারিত হইয়া তাহাদের অক্সাইডে বা সর্বোচ্চ অক্সি-অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন, কার্বন হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড, ফসফোরাস হইতে ফসফোরিক অ্যাসিড, আয়োডিন হইতে আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই সকল বিক্রিয়াতে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বা নাইট্রিক অক্সাইড দিয়া থাকে।

$$C + 4HNO_3 = 4NO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

পরীক্ষা ঃ (1) একটি পোর্সিলেন-নির্মিত খর্পরে কিছুটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া তাহার ভিতর একখণ্ড স্ফুলিঙ্গ-বিচ্ছুরণকারী কাঠ-কয়লার টুকরা ছাড়িয়া দিলে উহা তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠে।

(2) একখানি অ্যাসবেসটসের খণ্ডে কিছুটা করাতের গুঁড়া লইয়া ত্রিপদীর উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা করাতের গুঁড়াকে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উক্ত করাতের গুঁড়ার উপর ফেলিলে উহা স্ফুলিঙ্গ সহকারে জ্বলিয়া উঠে।

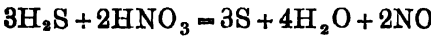
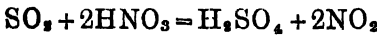
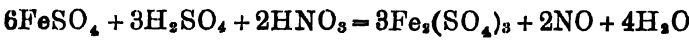
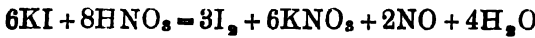
এই জারণ-ক্রিয়াগুলি নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে সহজেই বিশ্লিষ্ট অক্সিজেন দ্বারা সংঘটিত হয়।

অনেক যৌগিক পদার্থও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে জারিত হয়। যথা, আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন বিশ্লিষ্ট হয়; ফেরাস সলফেট জারিত হইয়া ফেরিক সলফেট উৎপন্ন করে; সলফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয় এবং হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে জারণের ফলে সলফার পাওয়া যায়।

$$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

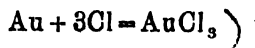
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উহাদের আণবিক ওজনের 3 : 1 অনুপাতে মিশাইলে যে দ্রবণ পাওয়া যায়, তাহাকে অম্লরাজ বা aqua regia বলে। উক্ত অম্লরাজ সামান্য উত্তাপ দিলে গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতুকে (noble metals) দ্রবীভূত করে। ইহার কারণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জায়মান ক্লোরিণ উৎপন্ন করে :—

$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2H_2O + 2Cl$$

(নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)

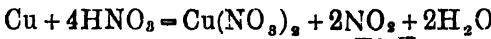
এই জায়মান ক্লোরিণ গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতিকে জারিত করে।

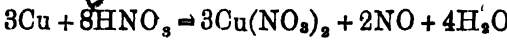
$$Au + 3Cl = AuCl_3$$

বিভিন্ন ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতুর উপরে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। অন্যান্য প্রায় সকল ধাতুর সহিতই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া হইয়া থাকে এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই ধাতব নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। কোন কোন স্থলে

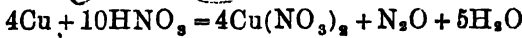
ধাতুর অক্সাইড উৎপাদিত হইয়া থাকে। কিন্তু ধাতুর সহিত ক্রিয়াতেও নাইট্রিক অ্যাসিড জারক হিসাবে কার্য করে। নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কেবলমাত্র পূর্বে উল্লিখিত ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতুদ্বয় ছাড়া অন্য কোন ধাতুই হাইড্রোজেন দিতে পারে না, নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। ধাতুর সহিত বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কোন্ কোন্ দ্রব্য উৎপন্ন হইবে তাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব, উষ্ণতা, ধাতুর প্রকৃতি ও উৎপন্ন ধাতব লবণের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। নিম্নে অবস্থার উল্লেখসহ কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফল সমীকরণ দ্বারা দেখান হইল :—

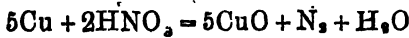
(1) **কপারের সহিত ঃ—**

(ক) উষ্ণ গাঢ় অ্যাসিড যোগ করিলে কিউপ্রিক নাইট্রেটের সবুজ দ্রবণ, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের বাদামী বাষ্প এবং জল উৎপন্ন হয়,

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(খ) নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিড যোগ করিলে কিউপ্রিক নাইট্রেটের সবুজ দ্রবণ, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয় :—

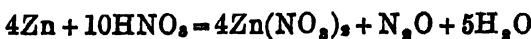
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(গ) পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড যোগ করিলে কিউপ্রিক নাইট্রেটের সবুজ দ্রবণ, নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয় :—

$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(ঘ) উত্তপ্ত কপারের ছিবড়ার উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করিলে কঠিন কিউপ্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + N_2 + H_2O$$

এই বিক্রিয়া দ্বারাই নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

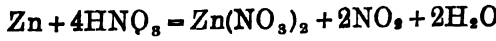
(2) **জিঙ্কের সহিত ঃ—**

(ক) পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড যোগ করিলে জিঙ্ক নাইট্রেটের বর্ণহীন দ্রবণ, নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয়।

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(খ) নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিড যোগ করিলে জিঙ্ক নাইট্রেটের বর্ণহীন দ্রবণ, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও জল উৎপন্ন হয়।

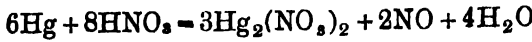
$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(গ) উষ্ণ ও গাঢ় অ্যাসিড দিলে জিঙ্ক নাইট্রেটের বর্ণহীন দ্রবণ, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল পাওয়া যায়—

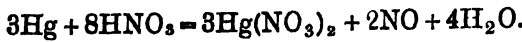
$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

দ্রষ্টব্য ঃ কাঁসা (Brass) কপার ও জিঙ্কের সঙ্কর ধাতু। নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণভাবে ইহা দ্রাব্য এবং অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব ও উষ্ণতার উপর উৎপন্ন দ্রব্যগুলি নির্ভর করে।

(3) **মারকারীর সহিত ঃ—**

(ক) পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড কম পরিমাণে যোগ করিলে মারকিউরাস নাই-ট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ও জল পাওয়া যায়।

$$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

দ্রষ্টব্য ঃ আচার্য পি. সি. রায় দেখান যে, পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড মারকারীর সহিত একত্র করিয়া রাখিয়া দিলে প্রথমে মারকিউরাস নাইট্রাইটের হলুদবর্ণের গুঁড়া অধঃক্ষিপ্ত হয়; পরে মারকিউরাস নাইট্রাইট নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে মারকিউরাস নাইট্রেটে পরিবর্তিত হয়।

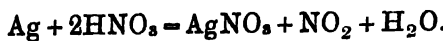
(খ) কিন্তু অ্যাসিডের পরিমাণ এবং গাঢ়ত্ব বেশী হইলে মারকিউরিক নাইট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয়।

$$3Hg + 8HNO_3 = 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

(4) **সিলভারের সহিত ঃ—**

শীতল অবস্থাতে যে-কোন প্রকার অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ও জল দেয়।

$$3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O.$$

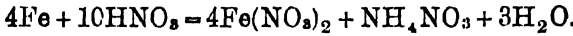
উষ্ণ অবস্থায় অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

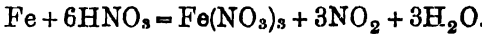
$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O.$$

দ্রষ্টব্য ঃ যুদ্ধ-পূর্ব রৌপ্য-মুদ্রাতে সিলভার ও কপার থাকিত। এখন আর রৌপ্য-মুদ্রা বলিতে ভারতবর্ষে কিছু নাই। রৌপ্য-মুদ্রা শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডে সহজেই দ্রবীভূত হইত এবং সিলভার নাইট্রেট ও কপার নাইট্রেটের দ্রবণের মিশ্রণ উৎপন্ন হইত।

স্বর্ণ-মুদ্রাতে গোল্ড এবং কপার বা সিলভার থাকে। অস্ট্রেলিয়ার স্বর্ণ-মুদ্রা গোল্ড এবং সিলভার দিয়া তৈয়ারী, ইংলণ্ডের স্বর্ণ-মুদ্রা গোল্ড ও কপার দিয়া তৈয়ারী। স্বর্ণ-মুদ্রার উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া নাই। উক্ত স্বর্ণ-মুদ্রা গলাইয়া তাহার সহিত আরও কপার বা সিলভার মিশাইয়া গোল্ডের 88% (সাধারণতঃ 25%) করিয়া লইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে কপার বা সিলভার দ্রবীভূত হইয়া আসে এবং বিশুদ্ধ গোল্ড অদ্রাব্য বলিয়া পড়িয়া থাকে। স্বর্ণকারেরা পানযুক্ত সোনার গহনা হইতে উপরে লিখিত প্রণালী অনুসারে পান গলাইয়া দিয়া বিশুদ্ধ সোনা প্রাপ্ত হয়।

(5) আয়রনের (Iron, লৌহ) সহিতঃ—

(ক) পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড যোগ করিলে ফেরাস নাইট্রেটের দ্রবণ, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও জল উৎপন্ন হয়।

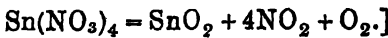
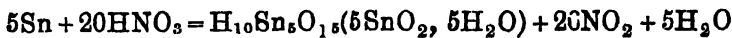
$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O.$$

(খ) গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে ফেরিক নাইট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল পাওয়া যায়।

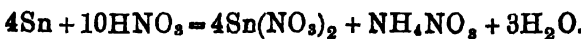
$$Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O.$$

(গ) অত্যন্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) বিশুদ্ধ লৌহখণ্ড ডুবাইলে উহা দ্রবীভূত হয় না এবং "নিষ্ক্রিয় লৌহে" (Passive Iron) পরিণত হয়। তখন লৌহের রাসায়নিক গুণ সাময়িকভাবে লোপ পায়। কপার সলফেটের দ্রবণে লৌহখণ্ড যোগ করিলে লাল ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু নিষ্ক্রিয় লৌহ কপার সলফেটের দ্রবণ হইতে কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে না এবং ইহা কোনও পাতলা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না।

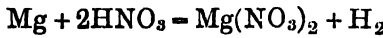
(6) **টিনের সহিতঃ** (ক) একেবারে বিশুদ্ধ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) টিনের সহিত কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু যদি অতি সামান্য জল যোগ করা যায় তবে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রবলভাবে টিনের সহিত ক্রিয়া করিয়া প্রথমে দুঃস্থিত স্ট্যানিক নাইট্রেট উৎপন্ন করে। পরে উহা ভাঙ্গিয়া মেটাস্ট্যানিক অ্যাসিড (জলযুক্ত স্ট্যানিক অক্সাইড) উৎপন্ন হয়।

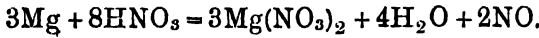
$$5Sn + 20HNO_3 = H_{10}Sn_5O_{15}(5SnO_2, 5H_2O) + 20NO_2 + 5H_2O$$

$$[Sn + 8HNO_3 = Sn(NO_3)_4 + 4NO_2 + 4H_2O$$

$$Sn(NO_3)_4 = SnO_2 + 4NO_2 + O_2.]$$

(খ) পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড যোগ করিলে স্ট্যানস নাইট্রেটের দ্রবণ, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও জল উৎপন্ন হয়।

$$4Sn + 10HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O.$$

(7) **ম্যাগনেসিয়ামের সহিত ঃ** (ক) পাতলা ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস ও ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

(খ) গাঢ় ও শীতল অ্যাসিড দিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ও জল পাওয়া যায়।

$$3Mg + 8HNO_3 = 3Mg(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

***ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার বাদ (Theories of action of Nitric acid on Metals) ঃ** প্রায়শঃই নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেনের পরিবর্তে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। সাধারণত: অ্যাসিড ও ধাতুর ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় এবং লবণ উৎপন্ন হয়; কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম হইবার কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র জারক। ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের যে বিক্রিয়া হয় তাহার সম্বন্ধে বিভিন্ন প্রকার মতবাদ আছে। নিম্নে তাহা উল্লেখ করা হইল।

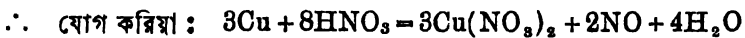
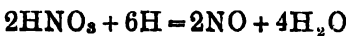
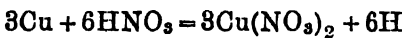
(ক) জায়মান হাইড্রোজেন বাদ (Nascent Hydrogen theory) ঃ এই মতবাদ অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুর সহিত ক্রিয়ার ফলে প্রথমে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। এই জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জলে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণের ফলে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড (N_2O_4, N_2O_3, NO, N_2O), বা নাইট্রোজেন অথবা অ্যামোনিয়া (NH_3) উৎপন্ন হয়। যে সমস্ত ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে (Electrochemical series) হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত, তাহাদের ক্ষেত্রে এই বাদ বিশেষভাবে প্রযোজ্য।

কপারের উপর মধ্যম প্রকার গাঢ় শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে এই বাদ দ্বারা দেখান যায় :—

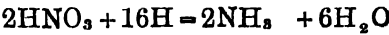
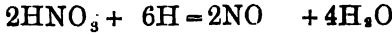
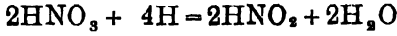
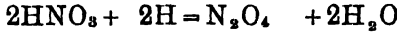
$$3Cu + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 6H$$

$$2HNO_3 + 6H = 2NO + 4H_2O$$

∴ যোগ করিয়া : $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

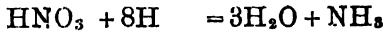
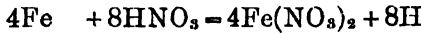
---

* এই অংশ পাঠ্যসূচি বহির্ভূত, কিন্তু ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া বুঝিতে হইলে এই অংশ জানা প্রয়োজন বিধায় ইহা সংযোজিত হইল।

কিন্তু এই জায়মান হাইড্রোজেন বিভিন্ন অবস্থার ও বিভিন্ন গাঢ়তর নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিভিন্নভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। সুতরাং অবস্থা ভেদে বিভিন্ন প্রকারের পদার্থ পাওয়া যায়। যথা—

$$2HNO_3 + 2H = N_2O_4 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 4H = 2HNO_2 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 6H = 2NO + 4H_2O$$
$$2HNO_3 + 8H = N_2O + 5H_2O$$
$$2HNO_3 + 10H = N_2 + 6H_2O$$
$$2HNO_3 + 16H = 2NH_3 + 6H_2O$$

আয়রনের সহিত পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া এই বাদ অনুসারে নিম্নলিখিতভাবে দেখান যাইতে পারে :—

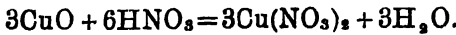
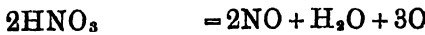
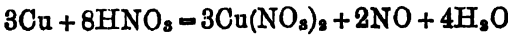
$$4Fe + 8HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 8H$$
$$HNO_3 + 8H = 3H_2O + NH_3$$
$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

∴ যোগ করিয়া,

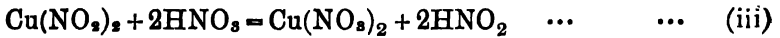
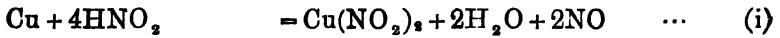
$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O.$$

(খ) অক্সাইড-গঠন বাদ (Oxide-formation Theory) : এই বাদ অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুকে প্রথমে অক্সাইডে পরিণত করে। পরে উক্ত অক্সাইড অতিরিক্ত অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতুর নাইট্রেট ও জল উৎপাদন করে। কপারের উপর মধ্যম প্রকার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া এই বাদ অনুসারে নিম্নলিখিতরূপে দেখান হয় :—

$$2HNO_3 = 2NO + H_2O + 3O$$
$$3Cu + 3O = 3CuO$$
$$3CuO + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3H_2O.$$

∴ যোগ করিয়া—

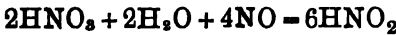
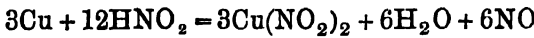
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(গ) নাইট্রাস্ অ্যাসিড বাদ (Nitrous Acid Theory) : পক্ষান্তরে কেহ কেহ বলেন যে, নাইট্রাস অ্যাসিডের উপস্থিতি ভিন্ন কপার (Cu), সিলভার

(Ag), মার্কারি (Hg) প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। এখন নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর সর্বদাই অতি সামান্য পরিমাণ নাইট্রাস অ্যাসিড থাকে। এই নাইট্রাস অ্যাসিড অতি সামান্য তাপে (incipient heat) নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন হইতে উৎপন্ন হয়। উক্ত সামান্য নাইট্রাস অ্যাসিড ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রাইট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে। এই নাইট্রিক অক্সাইড পরে নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে। ধাতব নাইট্রাইট পরে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয়। কপারএর সহিত বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে দেখান যায় :—

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2H_2O + 2NO \quad \cdots \quad (i)$$
$$HNO_3 + H_2O + 2NO = 3HNO_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (ii)$$
$$Cu(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2HNO_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad (iii)$$

(i)কে 3 দিয়া গুণ করিয়া, (ii)কে 2 দিয়া গুণ করিয়া এবং (iii)কে 3 দিয়া গুণ করিয়া লিখিলে পাওয়া যায়—

$$3Cu + 12HNO_2 = 3Cu(NO_2)_2 + 6H_2O + 6NO$$
$$2HNO_3 + 2H_2O + 4NO = 6HNO_2$$
$$3Cu(NO_2)_2 + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 6HNO_2$$

যোগ করিয়া,

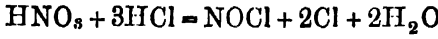
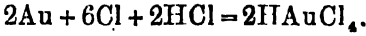
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

প্রত্যেক মতবাদেরই স্বপক্ষে কিছু না কিছু প্রমাণ আছে।

অম্লরাজ (Aqua regia) : পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে গোল্ড (Gold) বা প্লাটিনাম ধাতু দ্রবীভূত হয় না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও উক্ত ধাতুদ্বয় দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 : 3 আণবিক অনুপাতের মিশ্রণে গোল্ড বা প্লাটিনাম দ্রবীভূত হয়। গোল্ডকে **ধাতুরাজ** বলে। সেইজন্য উক্ত অ্যাসিডদ্বয়ের মিশ্রণকে অম্লরাজ (kingly water) বলা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণক্রিয়ার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে জায়মান ক্লোরিণ মুক্ত হয়। গোল্ড বা প্ল্যাটিনাম

এই জায়মান ক্লোরিণ দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হওয়ার ফলে দ্রবীভূত হয়।

$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2Cl + 2H_2O$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

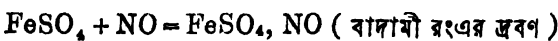
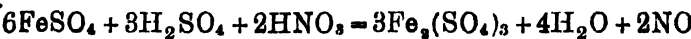
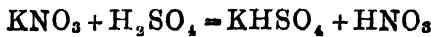
$$2Au + 6Cl + 2HCl = 2HAuCl_4.$$

এই প্রক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন হয়, যখন নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড 1 : 4 আণবিক অনুপাতে লওয়া হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা (Tests for Nitric Acid) : নিম্নলিখিত তিনটি পরীক্ষার যে-কোন একটি দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

বলয় পরীক্ষা : একটি পরীক্ষা-নলে (test tube) পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড বা কোন ধাতব নাইট্রেটের পাতলা দ্রবণ লওয়া হয়। তাহাতে ফেরাস সলফেটের ($FeSO_4$) দ্রবণ যোগ করা হয়। এই মিশ্রিত দ্রবণসহ পরীক্ষা-নলটি জলের কল খুলিয়া দিয়া জলে সামান্য কাত করিয়া ধরিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। তাহার পর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড পরীক্ষা-নলের গা দিয়া আস্তে আস্তে ঢালিয়া দেওয়া হয়। সলফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া পরীক্ষা-নলের নিম্নে জমা হয়। পরীক্ষা-নলে কোনপ্রকার নাড়া দেওয়া হয় না। এই অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, সলফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট-যুক্ত ফেরাস সলফেটের দ্রবণের সংযোগস্থলে একটি বাদামী রংএর বলয় গঠিত হইয়াছে। নাইট্রেট ব্যবহার করিলে উহা সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। ফেরাস সলফেট দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফেরাস সলফেটের যে অতিরিক্ত দ্রবণ থাকে তাহার সহিত নাইট্রিক অক্সাইড যুক্ত হইয়া $FeSO_4, NO$ যৌগে পরিবর্তিত হয় এবং এই যৌগের বর্ণ বাদামী।

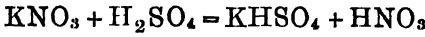
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO$ (বাদামী রংএর দ্রবণ)

(খ) **ব্রুসিন পরীক্ষা (Brucine Test) :** একটি পোর্সিলেন বেসিনে অতি সামান্য এক টুকরা ব্রুসিন রাখিয়া তাহাতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রেটের দ্রবণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে মিশ্রিত দ্রবণের বর্ণ উজ্জ্বল লাল হয়।

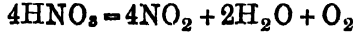
(গ) যে-কোন নাইট্রেটের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পিঙ্গল বা লাল ধোঁয়া উত্থিত হয়। এই লাল ধোঁয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের (NO_2)।

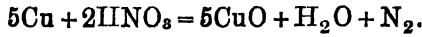
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O.$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার : (1) পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (2) ইহা ধাতুকে বা ধাতুর সংকরকে দ্রবীভূত করিতে ও পিতল বা কাঁসার বাসনে নাম খোদাই করিতে ব্যবহৃত হয়। (2) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রধানতঃ অত্যুগ্র বিস্ফোরক প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। যথা, নাইট্রোগ্লিসারিণ (যাহা হইতে ডিনামাইট উৎপন্ন হয়), পিকরিক অ্যাসিড, ট্রাই-নাইট্রোটোলুইন্ (T. N. T.) প্রভৃতি বিস্ফোরক নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে প্রস্তুত হয়। (4) কৃত্রিম সিল্ক, কৃত্রিম রং, সলফিউরিক অ্যাসিডের ও সেলুলয়েড প্রভৃতির পণ্য-উৎপাদনেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (5) কোন কোন তড়িৎ-ব্যাটারীতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার দেখা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ। নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে একটি সিলিকা-নির্মিত ফ্লাস্ক লইয়া তাহাতে দুইটি ছিদ্র-যুক্ত একটি কর্ক লাগান হয়। একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও অপরটির মধ্য দিয়া একটি নির্গমন-নল লাগান হয়। নির্গমন-নলের মুখটি জলের দ্রোণীতে অবস্থিত জলের তলায় ডোবান থাকে। ফ্লাস্কের তলায় পিউমিস্ (ঝামা) পাথরের (pumice-stone) টুকরা রাখিয়া ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। পাথরের টুকরাগুলি বেশ উত্তপ্ত হইলে বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলা হয় এবং উদ্ভূত গ্যাস জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের লাল ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হয় : কিন্তু অক্সিজেন জলে অদ্রাব্য বলিয়া গ্যাসজারে জল অপসারিত করিয়া জমা হয়। গ্যাসজারে সংগৃহীত গ্যাসটি যে অক্সিজেন তাহা সামান্য আভাযুক্ত এক টুকরা কাঠ

কয়লা গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিয়া দেখা হয় এবং উক্ত গ্যাসে তাহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া গ্যাসটিকে অক্সিজেন বলিয়া প্রমাণ করে।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে নাইট্রিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া যে বাষ্প উৎপন্ন হয় তাহা লোহিত-তপ্ত কপারের ছিবড়ার উপর দিয়া অতিক্রম করান হয়। এই পরীক্ষাটিতে একটি শক্ত কাচের নলের ভিতর কপারের ছিবড়া রাখিয়া লোহিত-তপ্ত করা হয় এবং নলটির একমুখ দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করার ফলে উদ্ভুত এবং অপর মুখ দিয়া নির্গত গ্যাস যথাবিহিত ব্যবস্থা করিয়া জল অপসারণদ্বারা সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসটি যে নাইট্রোজেন তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি দ্বারা প্রমাণ করা হয়। (1) গ্যাসটি সাধারণ উত্তাপে নিষ্ক্রিয়; (2) ইহা চুনের জলকে ঘোলা করে না; (3) ইহা দহনের সহায়ক নয় এবং নিজেও দাহ্য নয়; (4) ইহা উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতু দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2.$$

হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে তীব্রভাবে উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প একটি বরফ ও লবণের হিম-মিশ্রে অবস্থিত U-নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করান হয়। U-নলের ভিতর কিছুটা তরল জমা হইয়াছে দেখা যায়। উক্ত তরলে পরীক্ষা দ্বারা দেখান যায় যে জল আছে। জলে হাইড্রোজেন আছে। অতএব নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যখন জল পাওয়া যায়, তখন নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

নাইট্রেট: নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা ধাতুসম যৌগমূলক (radical) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে নাইট্রেট বলে। যথা;

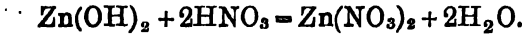
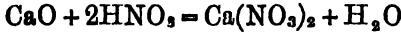
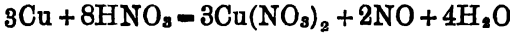
KNO_3 (পটাসিয়াম নাইট্রেট), $NaNO_3$ (সোডিয়াম নাইট্রেট), NH_4NO_3 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট), $AgNO_3$ (সিলভার নাইট্রেট), $Ca(NO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম নাইট্রেট), $Pb(NO_3)_2$ (লেড নাইট্রেট), $Cu(NO_3)_2$ (কিউপ্রিক নাইট্রেট), ইত্যাদি। কোন ধাতুর নাইট্রেট প্রস্তুত করিতে হইলে সাধারণতঃ সেই ধাতু বা তাহার অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণে যোগ করা হয়। তাহাতে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহা

পরিস্রাবিত করিয়া পরিস্রুৎকে জলগাহে রাখিয়া ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

$$Zn(OH)_2 + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

$$MgCO_3 + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O.$$

সকল নাইট্রেটই জলে দ্রাব্য।

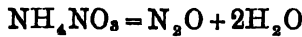
নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া (Action of heat on nitrates): সকল নাইট্রেটই তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হয়। তবে বিভিন্ন ধাতুর নাইট্রেট বিভিন্নভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে।

(1) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে তাহা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$

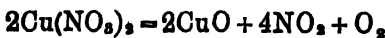
$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2.$$

(2) কিন্তু অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, যদিও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেটের মতই, তাহা হইলেও উত্তাপ দিলে উহা নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) এবং জলে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

(3) ভারী ধাতুর নাইট্রেট, যথা লেড নাইট্রেট, বেরিয়াম নাইট্রেট, কপার নাইট্রেট, প্রভৃতি উত্তপ্ত করিলে উহারা ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Ba(NO_3)_2 = 2BaO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

নাইট্রেটের ব্যবহার: সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলিদেশীয় সোরা), এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট সাররূপে, সিলভার নাইট্রেট ফটোগ্রাফিতে, লেড নাইট্রেট রঞ্জন-শিল্পে এবং পরীক্ষাগারে ও বেরিয়াম নাইট্রেট বাজি প্রস্তুত কার্যে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. Describe, with a neat sketch, the method of preparation of nitric acid in the laboratory. State the properties of nitric acid as far as possible. How can nitric oxide and nitrogen peroxide be obtained from nitric acid ?

১। পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুত প্রণালী ছবি সংযোগে বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম যতদূর সম্ভব উল্লেখ কর। নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে ?

2. Prove by experiments that nitric acid is a compound of nitrogen, hydrogen and oxygen.

২। নাইট্রিক অ্যাসিড যে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ তাহা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ কর।

3. Describe, with equations, the reactions that occur when cold or hot nitric acid is added to zinc, copper, tin and mercury.

৩। শীতল অথবা উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড জিঙ্ক, কপার, টিন এবং মার্কারীর উপর যোগ করিলে যে প্রকার বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

4. Describe, the method of manufacture of nitric acid from synthetic ammonia.

৪। সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর।

5. What are the impurities present in nitric acid produced from sodium nitrate ? Describe the process of getting pure and concentrated nitric acid from this impure nitric acid. How can you get (*a*) oxygen, (*b*) nitrogen, (*c*) ammonia, (*d*) nitrous oxide, (*e*) nitric oxide and (*f*) nitrogen peroxide from nitric acid. Give equations wherever necessary.

৫। সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে কি কি অশুদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায় ? এই অশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে তাহা বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কি ভাবে (ক) অক্সিজেন, (খ) নাইট্রোজেন, (গ) অ্যামোনিয়া, (ঘ) নাইট্রাস অক্সাইড, (ঙ) নাইট্রিক অক্সাইড এবং (চ) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে ? যেখানে প্রয়োজন সেইখানেই সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা দিতে হইবে।

6. State which of the following statements are correct and write out the erraneous statements after correction :—

(*a*) On heating ammonium nitrate, nitric oxide and water are obtained.

(*b*) Ammonium nitrate, water and zinc nitrate are produced by the action of concentrated nitric acid on zinc.

(*c*) Nitric acid breaks down on heating into nitrogen, oxygen and water.

(*d*) Aqua regia reacts through evolved oxygen.

৬। নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে কোন্‌টি সত্য তাহা উল্লেখ করে এবং বাকী ভুল উক্তিগুলি সংশোধিত করিয়া লিখ :—

(ক) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড এবং জল পাওয়া যায়।

(খ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, জল এবং জিঙ্ক নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

(গ) নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন, অক্সিজেন এবং জলে ভাঙ্গিয়া যায়।

(ঘ) অম্লরাজের ক্রিয়া উৎপন্ন অক্সিজেনের জন্য ঘটিয়া থাকে।

7. Describe what happens when (*a*) dilute nitric acid and (*b*) concentrated nitric acid are distilled.

৭। (ক) পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড এবং (খ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করিলে কি প্রকার ঘটনা হয় তাহা বর্ণনা কর।

8. State, with equations, what happens when the following nitrates are heated :—

(*a*) Sodium nitrate ,(*b*) Ammonium nitrate (*c*) Silver nitrate, (*d*) Cupric nitrate, (*e*) Lead nitrate and (*f*) Ferric nitrate.

৮। নিম্নলিখিত নাইট্রেটগুলি উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর :—(ক) সোডিয়াম নাইট্রেট, (খ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (গ) সিলভার নাইট্রেট, (ঘ) কিউপ্রিক নাইট্রেট, (ঙ) লেড নাইট্রেট, (চ) ফেরিক নাইট্রেট।

9. State the uses of nitric acid as oxidising agent and as a solvent for metals. with equations.

৯। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারক হিসাবে ব্যবহার এবং ধাতুর দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

10. State, giving equations, what happens when (*a*) Lead nitrate is strongly heated, (*b*) sodium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid, (*c*) Moderately dilute nitric acid is added to copper turnings, and (*d*) Ammonium nitrate is heated.

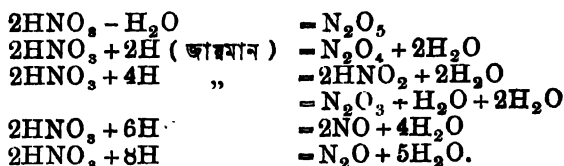
Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue, if any.

সপ্তদশ অধ্যায়

নাইট্রোজেনের

(Oxides of Nitrogen)

নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড জানা আছে ; যথা নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3), নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4) বা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (NO_2), এবং নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড (N_2O_5)। ইহারা প্রায় সকলেই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ হইতে উদ্ভূত হয়। কেবল নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে জল অপসারণ দ্বারা পাওয়া যায়।

$$
\begin{aligned}
2HNO_3 - H_2O &= N_2O_5 \\
2HNO_3 + 2H \text{ (জায়মান)} &= N_2O_4 + 2H_2O \\
2HNO_3 + 4H \quad \text{,,} &= 2HNO_2 + 2H_2O \\
&= N_2O_3 + H_2O + 2H_2O \\
2HNO_3 + 6H &= 2NO + 4H_2O \\
2HNO_3 + 8H &= N_2O + 5H_2O.
\end{aligned}
$$

নিম্নে নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সম্বন্ধে কিছু আলোচনা করা হইল।

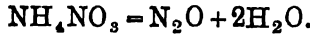
(ক) নাইট্রাস অক্সাইড (Nitrous Oxide ; N_2O)

আণবিক ওজন 44 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 22।

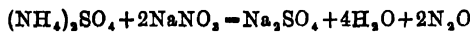
প্রস্তুতি ঃ একটি গোলতলাবিশিষ্ট (round-bottomed) ফ্লাস্কে কিছুটা শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) লইয়া তাহার মুখে একটি কর্ক বা ছিপি লাগান হয়। ছিপিটিতে একটি মাত্র ছিদ্র করিয়া তাহাতে একটি নির্গম-নল লাগান হয়। নির্গম-নলের শেষপ্রান্ত একটি গ্যাস-দ্রোণীতে গরম জল রাখিয়া জলের তলায় ডুবাইয়া দেওয়া হয়। একটি গ্যাসজার গরমজল দ্বারা ভর্তি করিয়া উক্ত নলের মুখের উপর বসান হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর লৌহদণ্ডে আটকাইয়া বসাইয়া

চিত্র নং 14

বুনসেন দীপ দ্বারা 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট প্রথমে গলিয়া যায় এবং পরে ইহা নাইট্রাস অক্সাইড ও জলে বিশ্লিষ্ট হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O.$$

উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য। সেই কারণে গরম জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসটি সংগৃহীত হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে খুব তাড়াতাড়ি 250° সেন্টিগ্রেডের উপর উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। সেই কারণে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম সলফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের কঠিন মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয় এবং তখন প্রথমে বিপরিবর্ত (double decomposition) দ্বারা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয় এবং সেই অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিশ্লিষ্ট হইয়া ধীরে ধীরে নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস দিয়া থাকে।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 4H_2O + 2N_2O$$

নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম ঃ নাইট্রাস অক্সাইড বর্ণহীন সামান্য মিষ্টগন্ধ-বিশিষ্ট গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। ইহা ঠাণ্ডা জলে এবং অ্যালকোহলে অনেক পরিমাণে দ্রাব্য, সেইজন্য এই গ্যাসটি গরম জল বা পারদ অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসের জলের দ্রবণ লিট্‌মাসের বর্ণের কোন পরিবর্তন ঘটায় না। অ্যাসিড বা ক্ষারক পদার্থের সহিত ইহার কোন ক্রিয়া হয় না। সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রোজেনের একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড।

শরীরের উপর নাইট্রাস অক্সাইডের ক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়। বায়ুমিশ্রিত নাইট্রাস অক্সাইড স্বল্প পরিমাণে শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে হাস্য উদ্রেক করে। সেইজন্য এই গ্যাসকে "লাফিং গ্যাস" (laughing gas) বলে। অনেকক্ষণ ধরিয়া এই গ্যাস অবিমিশ্র অবস্থায় শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে ইহা শরীরের স্নায়ুকে অবশ করিয়া দেয়। **সেইজন্য ইহা সামান্য অস্ত্রো-পচারের সময় চৈতন্যনাশক বা অবচেতক (anaesthetic) রূপে ব্যবহৃত হয়।** অতিরিক্ত পরিমাণে ইহা গ্রহণ করিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে এবং তাহার মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পারে।

নাইট্রাস অক্সাইড অক্সিজেনের মতই নিজে দাহ্য নয়, কিন্তু অপরের দহনে সহায়তা করে। শিখাহীন কিন্তু আভাযুক্ত দীপ্ত কয়লা, একটি নাইট্রাস অক্সাইড-পূর্ণ জারের ভিতর ধরিলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। জ্বলন্ত ফসফোরাস

বা জ্বলন্ত গন্ধক বা প্রজ্বলিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাস অক্সাইড-পূর্ণ জারের ভিতর উজ্জ্বলন চামচে করিয়া ধরিলে খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে।

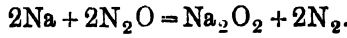
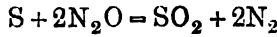
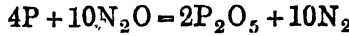
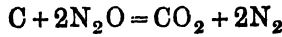
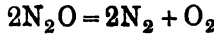
ইহার কারণ অনুসন্ধান করিলে দেখা যায় যে, প্রকৃতপক্ষে এই সকল জ্বলন্ত পদার্থের দহনদ্বারা উদ্ভূত তাপে নাইট্রাস অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই উৎপন্ন অক্সিজেনই উক্ত পদার্থগুলির দহনে সহায়তা করে। বিয়োজিত নাইট্রাস অক্সাইডে অক্সিজেনের আয়তনিক পরিমাণ শতকরা 33 ভাগ। কাজেই বিয়োজনদ্বারা উদ্ভূত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে বায়ু অপেক্ষা অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী। এইজন্য নাইট্রাস অক্সাইডে পদার্থগুলির দহন তীব্রভাবে এবং দ্রুতভাবে ঘটিয়া থাকে।

$$2N_2O = 2N_2 + O_2$$

$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$$

$$4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$

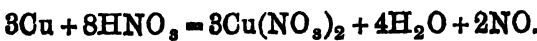
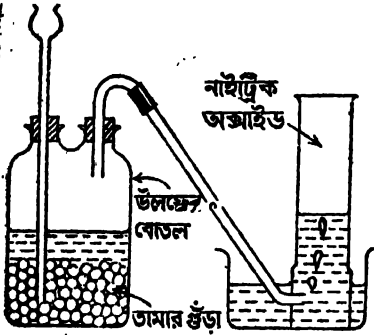
$$S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$$

$$2Na + 2N_2O = Na_2O_2 + 2N_2.$$

এইজন্যই ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত গন্ধকের টুকরা উজ্জ্বলন চামচে করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড-পূর্ণ একটি গ্যাসজারে নামাইয়া দিলে উহা নিভিয়া যায়; কিন্তু ভালভাবে এবং উজ্জ্বলভাবে পুড়িতেছে এরূপ গন্ধকের টুকরা উক্ত গ্যাসে আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। ইহার একমাত্র কারণ, প্রথম ক্ষেত্রে যথেষ্ট উত্তাপ না পাওয়ায় নাইট্রাস অক্সাইডের বিয়োজন সংঘটিত হয় না এবং উপযুক্ত অক্সিজেনের অভাবে দহনকার্য বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেন সুষ্ঠুভাবে দহনকার্য ঘটাইয়া থাকে।

(খ) নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric Oxide, NO)

আণবিক ওজন 30 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 15

প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে কপারের উপর একভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত দুইভাগ জল মিশাইয়া এই মিশ্রণকে সাধারণ উষ্ণতায় ক্রিয়া করিতে দিলে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

একটি উলফ্-বোতলে কিছুটা কপারের ছিলা (Copper-turnings) লওয়া হয়। উক্ত উলফ্-বোতলের একটি মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের মধ্য দিয়া ছাঁ্যাদা করিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) লাগান হয় এবং উক্তরূপে দ্বিতীয় মুখের কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকানো নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বীকারে লইয়া তাহার সহিত তাহার আয়তনের দ্বিগুণ আয়তন জল মিশান হয়। এই অ্যাসিডের দ্রবণকে দীর্ঘনল ফানেল দ্বারা বোতলের ভিতর ঢালিয়া

চিত্র নং 15

দেওয়া হয়। লক্ষ্য করিতে হয় যে, দীর্ঘনল ফানেলের শেষপ্রান্ত সকল সময়ের জন্য অ্যাসিডের দ্রবণের ভিতর ডুবিয়া থাকে। অ্যাসিডের দ্রবণ কপারের সহিত সংস্পর্শে আসামাত্রই নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বোতলের ভিতরে যে বায়ু থাকে তাহার অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া পিঙ্গলবর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$। এই প্রকারে উৎপন্ন পিঙ্গলবর্ণ গ্যাসকে প্রথমে নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে দেওয়া হয়। বোতলের ভিতরের সমস্ত অক্সিজেন এইভাবে নিঃশেষিত হইলে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। তখন নির্গম-নলের শেষপ্রান্ত গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের ভিতর রাখিয়া উহার উপর জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়। জল অপসারণদ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস গ্যাসজারে জমে।

দ্রষ্টব্য ঃ এই প্রস্তুতিতে লক্ষ্য রাখিতে হয় যে, উলফ্-বোতলটির সহিত যুক্ত অংশগুলি সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ হয়।

শোধন ঃ এই গ্যাসের সহিত কিছু নাইট্রাস অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। এই অশুদ্ধ গ্যাস-মিশ্রণ হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাইতে হইলে শীতল ফেরাস সলফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া উক্ত মিশ্রণকে অতিক্রম করাইলে কেবলমাত্র নাইট্রিক অক্সাইড শোষিত হয় এবং ঘোর বাদামীবর্ণের (brown) দ্রবণ পাওয়া যায়। উক্ত বাদামী দ্রবণে $FeSO_4$, NO যৌগটি গঠিত

হয়। এই $FeSO_4$, NO দুঃস্থিত পদার্থ। সামান্য উত্তাপ প্রয়োগ করিলে পুনরায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদিত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করিয়া গ্যাসজারে পারদ অপসারণদ্বারা সংগ্রহ করা হয় এবং এই নাইট্রিক অক্সাইডগ্যাস বিশুদ্ধ।

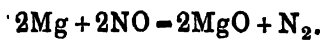
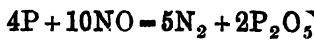
বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3), ফেরাস সলফেট ($FeSO_4$) এবং পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ একটি ফ্লাস্কে লইয়া উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইডকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক করা হয় এবং পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

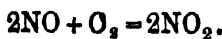
নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম ঃ নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। ইহার স্বাদ বা গন্ধ গ্রহণ করা যায় না, কারণ ইহা বায়ুর সংস্পর্শে আসামাত্র পিঙ্গলবর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ইহা জলে অতি সামান্যই দ্রবীভূত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী। শরীরের উপর এই গ্যাসের বিষক্রিয়া আছে।

নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড। ইহা লিটমাসের রং-এর কোন পরিবর্তন ঘটাইতে পারে না। ইহা নিজে অদাহ্য গ্যাস এবং সাধারণতঃ অপরের দহনেও সহায়তা করে না। নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ-গ্যাসজারের ভিতর জলন্ত মোমবাতি বা পাকাঠি, ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত সলফার বা ফসফোরাস দিলে উহারা নির্বাপিত হইয়া যায়। কিন্তু উজ্জ্বলভাবে প্রজ্বলিত ফসফোরাস বা ম্যাগনেসিয়ামের তার এই গ্যাসে প্রবেশ করাইলে উহারা নিঃশেষ না হওয়া পর্যন্ত অতি উজ্জ্বলভাবে জলে। ইহার কারণ নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড অপেক্ষা সুস্থিত যৌগ। ইহা কম উষ্ণতায় বিয়োজিত হয় না, কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায় (1000° সেন্টিগ্রেড বা তদূর্ধ্বে) বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন দেয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেন দহনকার্যে সহায়তা করে।

$$2NO = N_2 + O_2$$

$$4P + 10NO = 5N_2 + 2P_2O_5$$

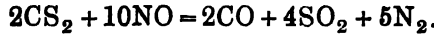
$$2Mg + 2NO = 2MgO + N_2.$$

নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত সহজেই ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে—

$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

একটি নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারের মুখের ঢাকনি খুলিয়া দিলে তৎক্ষণাৎ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ার ফলে বাদামী রংএর ধোঁয়া দেখা দেয়।

নাইট্রিক অক্সাইড শীতল ফেরাস সলফেটের দ্রবণে সহজে দ্রবীভূত হয় এবং বাদামী রংএর দুঃস্থিত যৌগ $FeSO_4, NO$এর দ্রবণ উৎপন্ন করে। দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া আসে।

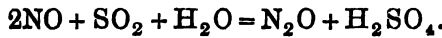
$$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO.$$

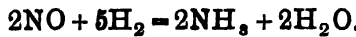
কার্বন-ডাই-সালফাইডের বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহা উজ্জল নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। একটি নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ গ্যাসজারে ঢাকনা সরাইয়া দুই তিন ফোঁটা কার্বন-ডাই-সালফাইড ফেলিয়া গ্যাস জারটিতে পুনরায় ঢাকনা ভালভাবে লাগাইয়া ঝাঁকাইয়া লইয়া ঢাকনা সরাইয়া অগ্নিসংযোগ করা হয়। উজ্জ্বল নীল শিখার সহিত মিশ্রণটি জ্বলিতে থাকে।

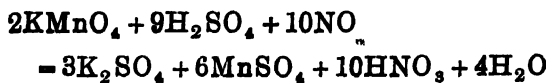
$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2.$$

উত্তপ্ত কপার বা আয়রণের উপর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে উহা বিজারিত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

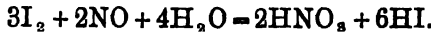
$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2.$$

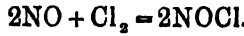
সলফার ডাই-অক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NO + SO_2 + H_2O = N_2O + H_2SO_4.$$

নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশাইয়া উত্তপ্ত প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O.$$

সলফিউরিক অ্যাসিড-যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড অতিক্রম করাইলে উহা জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণও চলিয়া যায়।

$$2KMnO_4 + 9H_2SO_4 + 10NO$$
$$= 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 10HNO_3 + 4H_2O$$

আয়োডিনের দ্রবণও নাইট্রিক অক্সাইডকে জারিত করে।

$$3I_2 + 2NO + 4H_2O = 2HNO_3 + 6HI.$$

নাইট্রিক অক্সাইড ও ক্লোরিণ ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

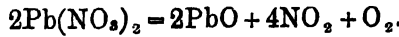
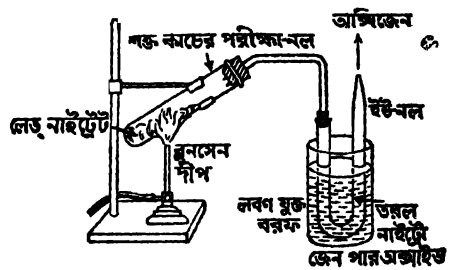
$$2NO + Cl_2 = 2NOCl.$$

ব্যবহার : বার্কল্যাণ্ড ও আইড প্রণালীতে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে একসময়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত। এক্ষণে অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে (Chamber process) সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে নাইট্রিক অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে প্রয়োজন হয়।

(গ) নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা পার-অক্সাইড

(Nitrogen tetroxide or peroxide, N_2O_4 or NO_2)

আণবিক ওজন 92 বা 46 বাষ্পীয় ঘনত্ব 46 বা 23.

প্রস্তুতি : লেড নাইট্রেটকে [Lead nitrate, $Pb(NO_3)_2$] উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2.$$

একটি শক্ত ও মোটা কাচনলে শুষ্ক ও গুঁড়া লেড নাইট্রেট লওয়া হয়। কাচ নলের মুখটি কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয়। উক্ত কর্কে একটি ছ্যাঁদা করিয়া একটি বাঁকানো নির্গম-নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত একটি U-নলের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। U-নলটিকে একটি বরফ ও লবণের হিমমিশ্রের (freezing-mixture) ভিতর রাখা হয়। লেড নাইট্রেট সহ শক্ত ও মোটা কাচনলটিকে একটি লোহার দণ্ডে একটু ঊর্ধ্বমুখী করিয়া বাঁকানো আংটার দ্বারা

চিত্র নং 16

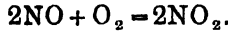
আটকাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর বুনসেন দীপ দ্বারা নলটিকে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করা হয়। লাল রংএর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস ও অক্সিজেন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসিয়া U-নলে যায়। শীতল U-নলে নাইট্রোজেন

পার-অক্সাইড সামান্য হরিদ্রাভ তরলে রূপান্তরিত হইয়া জমা হয় এবং অক্সিজেন U-নলের খোলা মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। U-নলের খোলা মুখে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে উক্ত স্থানে একটি প্রায় নির্বাণোন্মুখ জলন্ত পাকাটি ধরিলে উহা পুনরায় উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। শক্ত কাচনলে হলুদ রঙএর লেড মনোক্সাইড, PbO, পড়িয়া থাকে।

পরীক্ষাগারের এই প্রণালী ছাড়াও অন্যভাবে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করা যায়। তন্মধ্যে কপারের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়াই প্রধান।

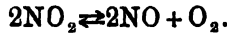
$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + N_2O_4 + 2H_2O.$$

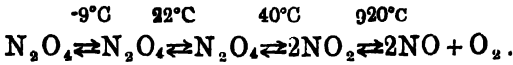
নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন মিশাইলেও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

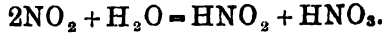
$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম ঃ নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড সাধারণ উষ্ণতায় একটি পিঙ্গলবর্ণ গ্যাসীয় পদার্থ। কিন্তু $-9°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এই কঠিন পদার্থের অণুগুলি N_2O_4 অবস্থায় থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ইহা ঈষৎ হলুদ বর্ণের একটি তরল পদার্থে পরিণত হয়। উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার বর্ণও যথাক্রমে কমলালেবুর রং (orange) এবং লালচে হয়। $22°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলটি ফুটিতে আরম্ভ করে এবং পিঙ্গল বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার উপর উষ্ণতা ক্রমশঃ বাড়াইলে গ্যাসের রংও অধিকতর লাল হইতে থাকে। ইহার কারণ উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে N_2O_4 অণুগুলি ভাঙ্গিয়া NO_2তে রূপান্তরিত হয়।

$$N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2 + NO_2$$

N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু NO_2 অণুগুলি গাঢ় লালবর্ণের। $140°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় N_2O_4 অণুগুলি সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হইয়া NO_2 অণুতে রূপান্তরিত হয়। এই বিষয়টি বিভিন্ন উষ্ণতায় গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব নিরূপণ দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে। এই সময়ে গ্যাসের বর্ণ সর্বাপেক্ষা গাঢ় হয়। আরও উত্তাপ দিলে গ্যাসের রং ফিকা হইতে থাকে। কারণ উত্তাপে NO_2 অণু বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $620°$ সেন্টিগ্রেডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া যায় এবং গ্যাসটি একেবারে বর্ণহীন হইয়া যায়।

$$2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2.$$

উষ্ণতা কমাইলে বিক্রিয়াগুলি বিপরীত দিকে ঘটিয়া থাকে।

$$\underset{(\text{কঠিন})}{N_2O_4} \overset{-9°C}{\rightleftharpoons} \underset{(\text{তরল})}{N_2O_4} \overset{22°C}{\rightleftharpoons} \underset{(\text{গ্যাস})}{N_2O_4} \overset{40°C}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \overset{920°C}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2.$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3.$$

উষ্ণতা একটু বাড়াইলে নাইট্রাস অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যায় এবং উহা হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

কস্টিক সোডার দ্রবণে বা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড শোষিত হয়। কস্টিক ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ার ফলে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + 2NO_2 = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O.$$

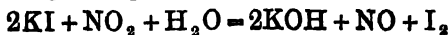
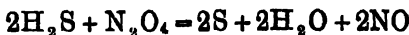
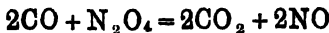
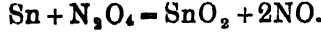
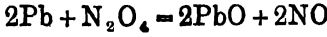
সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় নাইট্রোসো-সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

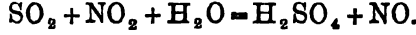
$$H_2SO_4 + N_2O_4 = HSO_4(NO) + HNO_3.$$

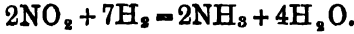
নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অদাহ্য এবং সাধারণ উষ্ণতায় এই গ্যাস অপরের দহনের সহায়ক নয়। কিন্তু অধিক উষ্ণতায় গ্যাসটি বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেন দহনকার্যে সাহায্য করে। এই কারণে ভালভাবে প্রজ্জ্বলিত ফসফোরাস ও পটাসিয়াম এই গ্যাসে দিলে জ্বলিতে থাকে।

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড একটি জারক। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রোজেন সলফাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করে এবং লোহিত তপ্ত কপার বা উত্তপ্ত লেড এবং টিনকে জারিত করিয়া তাহাদের অক্সাইড উৎপাদন করে।

$$2CO + N_2O_4 = 2CO_2 + 2NO$$
$$2H_2S + N_2O_4 = 2S + 2H_2O + 2NO$$
$$2KI + NO_2 + H_2O = 2KOH + NO + I_2$$
$$4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$$

$$2Pb + N_2O_4 = 2PbO + 2NO$$
$$Sn + N_2O_4 = SnO_2 + 2NO.$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সলফার ডাই-অক্সাইডের জলের দ্রবণকে জারিত করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO.$$

উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া তাহার উপর দিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে অতিক্রম করাইলে NO_2 বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

$$2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3 + 4H_2O.$$

Questions

1. Name the oxides of nitrogen with their formulae. Describe, with equations, the action of (*a*) water and (*b*) caustic potash solution on these oxides of nitrogen.

১। নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির নাম সংকেত সহকারে উল্লেখ কর। এই অক্সাইড-গুলির উপর (ক) জলের এবং (খ) কষ্টিক পটাসের দ্রবণের বিক্রিয়া সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

2. Describe the method of preparation of nitrous oxide in the pure state. State its properties and uses.

২। নাইট্রাস অক্সাইড বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করার প্রণালী বর্ণনা কর। উহার ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. Prove that nitrous oxide is a compound of nitrogen and oxygen and not a mixture of the two.

৩। নাইট্রাস অক্সাইড যে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের যৌগ, এবং উক্ত গ্যাসদ্বয়ের মিশ্রণ নয় তাহা প্রমাণ কর।

4. How is nitric oxide prepared in the laboratory? Describe, with equations, the reactions of nitric oxide with (*a*) oxygen, (*b*) ferrous sulphate and (*c*) sulphur dioxide.

৪। নাইট্রিক অক্সাইড কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রিক অক্সাইড (ক) অক্সিজেন, (খ) ফেরাস সালফেট এবং (গ) সলফার ডাই-অক্সাইডের সহিত কিভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

5. Connect correctly the statements in Column I with the statements in Column II :—

Column I	Column II
(*a*) By the action of concentrated nitric acid on copper	nitrogen is evolved
(*b*) Oxygen produces brown fumes with	is extinguished when placed in jar containing nitric oxide.
(*c*) When Ammonium nitrate is heated	due to its reactions with nitric oxide.
(*d*) Feebly burning sulphur	when shaken with carbon disulphide and ignited.
(*e*) Nitric oxide burns with a blue flame when	nitrogen peroxide is evolved.

৫। ১নং স্তম্ভের উক্তিগুলির সহিত বিশুদ্ধভাবে ২নং স্তম্ভের উক্তিগুলি সংযুক্ত কর :—

১নং স্তম্ভ	২নং স্তম্ভ
(ক) কপারের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে	নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।
(খ) অক্সিজেন বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে	নাইট্রিক অক্সাইডের ভিতর ধরিলে নিভিয়া যায়।
(গ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে	নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে।
(ঘ) সামান্যভাবে প্রজ্বলিত গন্ধক	কার্বন ডাই-সলফাইডের সহিত মিশাইয়া ঝাঁকাইয়া জ্বালিয়া দিলে।
(ঙ) নাইট্রিক অক্সাইড নীল আভাযুক্ত শিখার সহিত জ্বলে।	নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়

অষ্টাদশ অধ্যায়

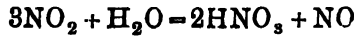
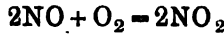
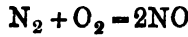
নাইট্রোজেন-চক্র (Nitrogen Cycle)

প্রকৃতিতে একটি সুনিয়ন্ত্রিত নাইট্রোজেন-চক্রের অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন মৌল যথেষ্ট পরিমাণে বায়ুতে বর্তমান। আবার নাইট্রোজেন মৌল হইতে উৎপন্ন একটি যৌগ পদার্থ প্রাণী ও উদ্ভিদ-দেহে বহু পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়, এই যৌগ পদার্থটি **প্রোটিন (Protein)** নামে অভিহিত হয়। বস্তুতঃ, এই প্রোটিন ব্যতীত প্রাণিজগতের অস্তিত্ব বা বৃদ্ধি মোটেই সম্ভব হয় না। প্রোটিন প্রাণী ও উদ্ভিদ-দেহের একটি অপরিহার্য উপাদান। ইহা কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ। প্রাণীরা বাতাসের নাইট্রোজেনকে অথবা কোন নাইট্রোজেনের যৌগের নাইট্রোজেন দেহাভ্যন্তরে লইয়া সরাসরি প্রোটিনে পরিবর্তিত করিতে পারে না। এই প্রোটিন পাইতে প্রাণিগণকে উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিতে হয়। মাংসাশী প্রাণীরা যে সমস্ত প্রাণীর দেহ ভক্ষণ করে তাহাদের মধ্যস্থিত প্রোটিন গ্রহণ করিয়া দেহ গঠন করে। উদ্ভিদেরা হয় উর্বরা ভূমিতে অবস্থিত দ্রাব্য নাইট্রেট হইতে নাইট্রোজেন আত্মসাৎ করিয়া প্রোটিনে রূপান্তরিত করে অথবা কতকগুলি উদ্ভিদ সরাসরি বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন তাহাদের শিকড়ে অবস্থিত জীবাণু বা ব্যাক্টিরিয়া (Bacteria) দ্বারা তাহাদের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেনের যৌগে পরিবর্তিত হইলে সেই যৌগ হইতে নাইট্রোজেন লইয়া প্রোটিন গঠন করে। নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় মৌল। সেই কারণে বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন যদিও শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত প্রাণীরা গ্রহণ করে, তাহারা কিন্তু সরাসরি জীবদেহে অন্য মৌলের সহিত উহার মিলন ঘটাইয়া উহাকে নাইট্রোজেনের যৌগে পরিবর্তিত করিতে পারে না।

প্রকৃতিতে বায়ুস্থ নাইট্রোজেন হইতে যেভাবে উর্বরা জমিতে নাইট্রোজেনের দ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন হয় তাহার বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

(ক) ঊর্ধ্বে অবস্থিত বায়ুর ভিতর দিয়া অহরহ উচ্চভোল্টে যে তড়িৎমোক্ষণ হইতেছে তাহা দ্বারা এবং সূর্যকিরণের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা সংঘটিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (নাইট্রিক-অক্সাইড, NO)

উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক-অক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। পরে বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া উহা মাটিতে পড়ে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড-ভাবে আসিয়া মাটিতে অবস্থিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ঘটিত ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেট উৎপন্ন করে। এই নাইট্রেট উদ্ভিদ তাহার শিকড় দিয়া গ্রহণ করে এবং তাহা হইতে তাহার দেহাভ্যন্তরে প্রোটিন উৎপাদন করে। প্রায় প্রতিদিন এইভাবে সমস্ত পৃথিবী ব্যাপিয়া গড়ে 250,000 টন বা (250,000 × 27 মণ) নাইট্রিক অ্যাসিড বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এবং জলের হাইড্রোজেন হইতে উৎপন্ন হইয়া মাটিতে আসিয়া পড়ে।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$
$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

(খ) সিম জাতীয় উদ্ভিদের (Leguminosae plants, যথা, ছোলা, মটর, সিম প্রভৃতি) শিকড়ে একপ্রকার গুটি (nodules) থাকে। উক্ত গুটিতে একপ্রকার জীবাণু (bacteria) বাস করে। উক্ত জীবাণু উদ্ভিদগুলির নিকট হইতে তাহাদের খাদ্যবস্তু পায় এবং তাহার পরিবর্তে তাহারা বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে উদ্ভিদের খাদ্যোপযোগী জৈব (Organic) পদার্থ উৎপাদন করিয়া উদ্ভিদগুলির খাদ্যের ব্যবস্থা করে। এইজন্য এই প্রকারের জীবাণুগুলিকে বন্ধুত্বসূত্রে আবদ্ধ (Sybiotic) জীবাণু বলে। অনেক সময় জমিতে নাইট্রোজেনঘটিত সার প্রয়োগের জন্য মটর, কলাই, বরবটি প্রভৃতির গাছ উৎপন্ন করিয়া ফল হওয়ার পর গাছগুলি কাটিয়া লইয়া শিকড়গুলিকে জমিতে রাখিয়া লাঙ্গল দিয়া জমি চষিয়া মাটির সহিত মিশাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে শিকড়ে অবস্থিত নাইট্রোজেন যৌগ মাটিতে সারের কার্যে ব্যবহৃত হয়।

আবার প্রাণীদেহের মলমূত্রাদির সহিত বহির্গত নাইট্রোজেন যৌগের পচনে এবং জীবজন্তুর মৃতদেহের ও উদ্ভিদের পচনে প্রোটিনের বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাইং (nitrosifying) জীবাণু দ্বারা নাইট্রাস অ্যাসিড তথা নাইট্রাইটে (জমির ক্ষারের সহিত ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন) প্রথমে রূপান্তরিত হয় এবং পরে নাইট্রিফাইং (nitrifying) জীবাণুর

ক্রিয়া দ্বারা নাইট্রাইট নাইট্রেটে পরিণত হয়। সেই নাইট্রেটের কতকটা আবার উদ্ভিদেরা দেহসাৎ করে এবং কতকটা ডিনাইট্রিফাইং (denitrifying) জীবাণু দ্বারা পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

এই স্বতঃ-নিয়ন্ত্রিত প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াগুলির ফলে প্রকৃতিতে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন মাটিতে, মাটি হইতে উদ্ভিদে, উদ্ভিদ হইতে প্রাণীতে, উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং মাটি হইতে বায়ুতে ফিরিয়া আসে। এই স্বতঃ-নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়াকে **নাইট্রোজেন-চক্র** (Nitrogen Cycle) বলে। (৮০ পৃষ্ঠা দেখ)। এই সকল প্রক্রিয়া এরূপ সুসম্বদ্ধ যে, বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সর্বসময়ে একই থাকে।

নাইট্রোজেন-বন্ধন (Fixation of Nitrogen)ঃ বর্তমানে পৃথিবীতে সার হিসাবে ব্যবহার করিবার জন্য নাইট্রোজেন-যৌগের চাহিদা অতিশয় বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। তাহার কারণ একদিকে বর্তমান সভ্যতার ফলস্বরূপ প্রাণীদের মলমূত্রাদি ধুইয়া সমুদ্রজলে ফেলিয়া দেওয়া হয় এবং পৃথিবীর লোকসংখ্যা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হওয়ায় জমি হইতে নিয়তই অধিক খাদ্যশস্য উৎপাদন করার ফলে প্রকৃতির নাইট্রোজেন-চক্র আর জমিতে প্রয়োজনানুরূপ নাইট্রোজেন-যৌগ সরবরাহ করিতে পারিতেছে না। সেইজন্য জমির উৎপাদনী-শক্তি বৃদ্ধির জন্য কৃত্রিম উপায়ে উৎপাদিত নাইট্রোজেন যৌগ, যথা, অ্যামোনিয়াম সলফেট বা নাইট্রেট, সার হিসাবে জমিতে দেওয়ার প্রয়োজন হইয়া পড়িয়াছে।

স্বাধীন জাতির স্বাধীনতা রক্ষার জন্য সমরোপকরণ বর্তমানযুগে বিশেষ প্রয়োজন। বিস্ফোরক পদার্থগুলিই প্রধান সমরোপকরণ এবং অধিকাংশ বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া প্রস্তুত হয়। সেই কারণে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদন বৃদ্ধি করার প্রয়োজন হইয়াছে। পূর্বে খনিজ নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হইত, কিন্তু খনিজ নাইট্রেটের পরিমাণ বর্তমান চাহিদা মিটাইবার পক্ষে সুপ্রচুর নয়। তাই বর্তমানে বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে আবশ্যকীয় নাইট্রোজেন যৌগ উৎপাদন করা হইতেছে। এই সকল নাইট্রোজেন যৌগ উৎপাদনের পদ্ধতিগুলিকে **নাইট্রোজেন-বন্ধন** নামে অভিহিত করা হয়।

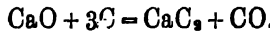
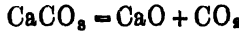
বর্তমানে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের **হেবার পদ্ধতি** ও **সায়ানামাইড (cyanamide) পদ্ধতি** বিশেষভাবে প্রচলিত।

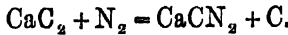
(ক) **হেবার পদ্ধতি ঃ** পূর্বে অ্যামোনিয়ার ভিতর ইহার বর্ণনা দেওয়া হইয়াছে। (পৃঃ ৩০ দেখ)।

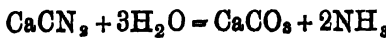
(খ) **অস্‌টওয়াল্ড পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে হেবার পদ্ধতি প্রয়োগে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সম্পন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিটিও নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর বর্ণিত হইয়াছে। (পৃঃ ৪৭ দেখ)।

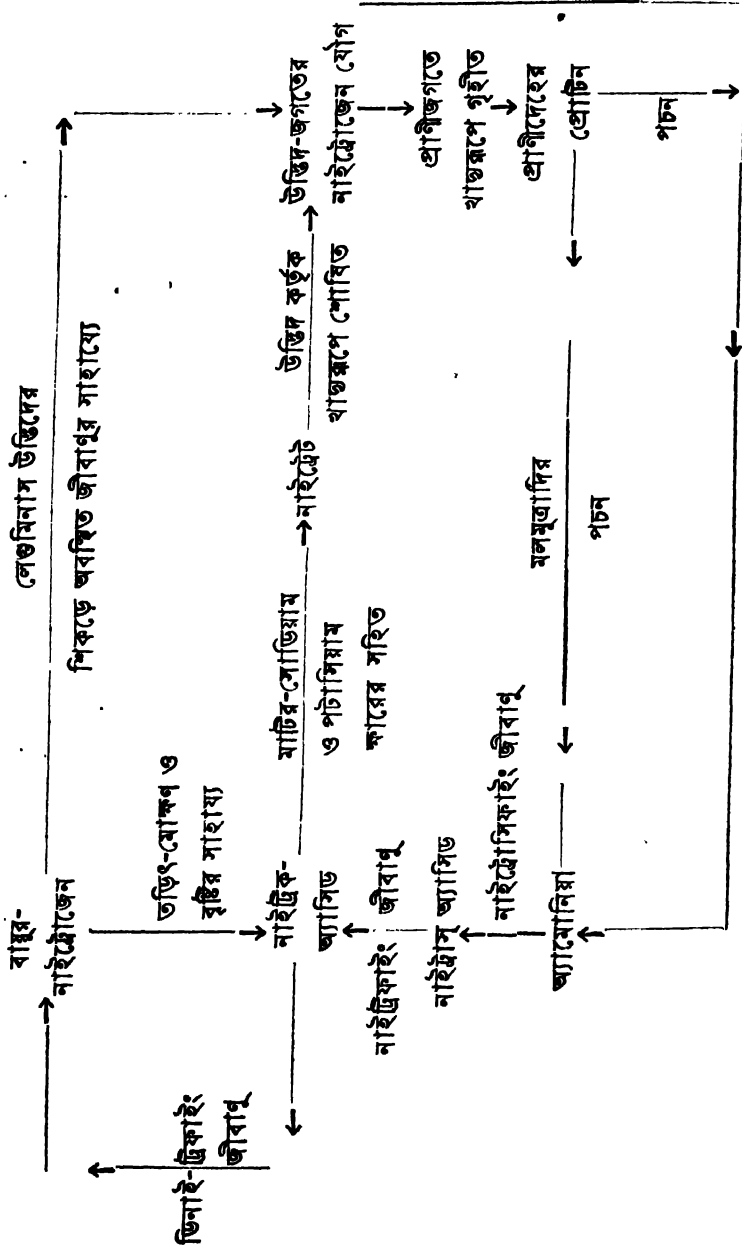
(গ) **সায়ানামাইড পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে প্রথমে তড়িৎ-চুল্লিতে (Electric Furnace) চুনাপাথর (Limestone) ও কোক কয়লা প্রচণ্ড উত্তাপে উত্তপ্ত করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইড (Calcium Carbide CaC_2), উৎপন্ন করা হয়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

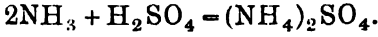
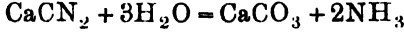
$$CaO + 3C = CaC_2 + CO.$$

এই প্রকারে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে গুঁড়া করিয়া তাহার সহিত শতকরা দশভাগ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া একটি লৌহ নির্মিত ড্রামে (drum) লওয়া হয়। তাহার ভিতর একটি কার্বনের দণ্ড দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ চালনা করিয়া উক্ত মিশ্রণকে 1100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং বিশুদ্ধ শুষ্ক নাইট্রোজেন উহার উপর দিয়া অতিক্রম করান হয়। নাইট্রোজেন ক্যালসিয়াম কার্বাইড দ্বারা শোষিত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড উৎপন্ন করে।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C.$$

কার্বন গ্র্যাফাইট-ভাবে মুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের সহিত মিশিয়া থাকে। এই ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও গ্র্যাফাইটের মিশ্রণ বাজারে নাইট্রোলিম বা নাইট্রোলাইম (Nitrolim or Nitrolime) নামে সার হিসাবে বিক্রয় হয়। জমিতে প্রয়োগ করিলে জমিস্থিত জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

এই অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাইং ও নাইট্রিফাইং জীবাণুর ক্রমিক বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয় এবং তখন উদ্ভিদের খাদ্যহিসাবে কার্য করে।

নাইট্রোজেন-চক্র
বায়ুর-নাইট্রোজেন
লেগুমিনাস উদ্ভিদের শিকড়ে অবস্থিত জীবাণুর সাহায্যে
তড়িৎ-মোক্ষণ ও বৃষ্টির সাহায্য
ডিনাই-ট্রিফাইং জীবাণু
নাইট্রিক-অ্যাসিড
মাটির-সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ক্ষারের সহিত
নাইট্রেট
উদ্ভিদ কর্তৃক খাদ্যরূপে শোষিত
উদ্ভিদ-জগতের নাইট্রোজেন যৌগ
প্রাণীজগতে খাদ্যরূপে গৃহীত
প্রাণীদেহের প্রোটিন
নাইট্রিফাইং জীবাণু
নাইট্রাস্ অ্যাসিড
নাইট্রোসিফাইং জীবাণু
অ্যামোনিয়া
মলমূত্রাদির পচন
পচন

সময় সময় ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড হইতে অটোক্লেভে (Autoclave) উচ্চ-চাপে স্টীমের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। সেই অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করিয়া জমিতে সার হিসাবে দেওয়া হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

Questions

1. Write what you know about the Nitrogen Cycle in nature.

১। প্রকৃতিতে বর্তমান নাইট্রোজেন-চক্র সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2. What do you understand by "Fixation of nitrogen" ? Describe the different methods employed for fixation of nitrogen.

২। নাইট্রোজেন-বন্ধন বলিতে কি বুঝায় ? নাইট্রোজেন-বন্ধনের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উনবিংশ অধ্যায়

(ক) ফস্‌ফোরাস (Phosphorus)

সঙ্কেত—P, আণবিক সঙ্কেত—P_4, পারমাণবিক ওজন—31, গলনাঙ্ক—44·1°C., স্ফুটনাঙ্ক—280·5°C.

ফস্‌ফোরাস আবিষ্কারের কাহিনীঃ—পরশ পাথরের সন্ধানে রত থাকাকালীন অ্যালকেমিস্ট ব্র্যাণ্ড 1674 খৃষ্টাব্দে প্রথম ফস্‌ফোরাস আবিষ্কার করেন। তিনি মূত্রের জলীয় অংশ প্রথমে তাপ প্রয়োগে বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইয়া অবশিষ্ট কঠিন অংশের সহিত বালি এবং সম্ভবত কয়লার গুঁড়া মিশাইয়া পাতন ক্রিয়া সম্পাদন করিয়া ফস্‌ফোরাস প্রাপ্ত হন। ফস্‌ফোরাস নাম দেওয়ার কারণ এই যে, ইহা স্বতঃই আলোক বিকিরণ করে; অ্যালকেমিস্ট ব্র্যাণ্ড ফস্‌ফোরাস তৈয়ারীর প্রণালীটির রহস্য ক্র্যাফ্‌টকে বিক্রয় করেন এবং ক্র্যাফ্‌ট ফস্‌ফোরাস তৈয়ারী করিয়া ইংলণ্ডের রাজা দ্বিতীয় চার্লসের রাজসভায় দেখান। সেখানে বিজ্ঞানী বয়েল ইহা দেখেন এবং তিনি নিজের চেষ্টায় ইহা প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। পরে 1680 খৃষ্টাব্দে বয়েল অধিক পরিমাণে ফস্‌ফোরাস উৎপাদনে সমর্থ হন এবং সমস্ত বৈজ্ঞানিক জগতে তিনি ইহার প্রস্তুত-প্রণালী প্রকাশ করিয়া দেন।

তখন মূত্রই ছিল একমাত্র বস্তু যাহা হইতে ফস্‌ফোরাস তৈয়ারী করা সম্ভব ছিল। কিন্তু 1771 খৃষ্টাব্দে গ্যান (Gahn) প্রমাণ করেন যে জীবদেহের অস্থিতে ফস্‌ফোরাস বিদ্যমান। শিলে (Scheele) অস্থিচূর্ণ হইতে ফস্‌ফোরাস তৈয়ারীর পদ্ধতি প্রথমে 1777 খৃষ্টাব্দে উদ্ভাবন করেন। সেই বৎসরেই ল্যাভয়সিয়ার ইহার মৌলত্ব প্রমাণিত করেন। ফস্‌ফোরাসের আলোককে বলা হয় **অনুপ্রভা** বা ফস্‌ফোরেসেন্স (Phosphorescence)। ফস্‌ফোরাস নামকরণ হইয়াছে ইহার স্বতঃই আলোক বিকিরণক্ষমতা হইতে (Phos-আলো phero-আমি ধারণ করি)।

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস একই প্রকার রসায়ন-ধর্মীঃ—পর্যায় সারণীতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস একই পরিবারের সভ্য হিসাবে পঞ্চম গ্রুপে (Group V) স্থাপিত হইয়াছে। ইহাদের রাসায়নিক ধর্ম নিম্নলিখিত প্রকার :—

(ক) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস দুইটি মৌলই অধাতু। সাধারণ উত্তাপে নাইট্রোজেন গ্যাসীয় মৌল, কিন্তু ফস্‌ফোরাস কঠিন মৌল। নাইট্রোজেন মৌলকে

প্রকৃতিতে অযুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়, কিন্তু ফস্‌ফোরাসকে মৌল অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সর্বদাই ইহার যৌগ প্রকৃতিতে বিদ্যমান থাকে।

(খ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয়েই কখনও ত্রিযোজী এবং কখনও পঞ্চযোজী। হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের মুখ্য যৌগ অ্যামোনিয়া, NH_3 এবং ফস্‌ফোরাসের মুখ্যযৌগ ফস্‌ফিন, PH_3। ইহারা উভয়েই গ্যাসীয় এবং ইহাদের রাসায়নিক ধর্মে অনেকটা মিল দেখা যায়। অক্সিজেনের সহিত অন্ততঃ দুইটি করিয়া অক্সাইড ইহাদের একই প্রকার সঙ্কেতবিশিষ্ট এবং একই প্রকার রাসায়নিক ধর্মবিশিষ্ট হয়, যথা—

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, N_2O_3 ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড, P_2O_3

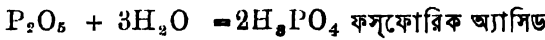
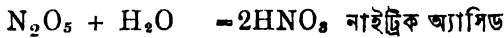
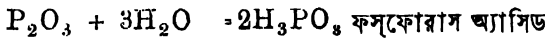
নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড, N_2O_5 ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড, P_2O_5

এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিড-ধর্মী এবং জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ইহারা সকলেই অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$ নাইট্রাস অ্যাসিড

$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড

$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$ নাইট্রিক অ্যাসিড

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড

(গ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয় মৌলই বহুরূপতা (allotropy) দেখাইয়া থাকে। নাইট্রোজেনকে সাধারণ নিষ্ক্রিয় মৌল ও কোনও বিশেষ অবস্থায় সক্রিয় মৌল এই দুইরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। ফস্‌ফোরাস সাধারণতঃ সক্রিয় সাদা ও নিষ্ক্রিয় লাল মৌলরূপে পাওয়া যায়।

(ঘ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া নিম্নলিখিত প্রকার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে:—

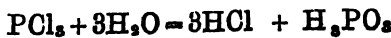
NCl_3 নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড PCl_3 ফস্‌ফোরাস ট্রাই-ক্লোরাইড

PCl_5 ফস্‌ফোরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড

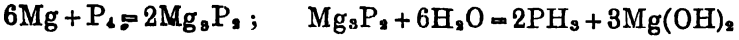
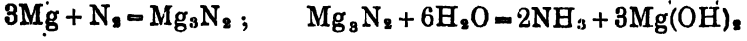
এই ক্লোরাইডগুলি জল দ্বারা সহজেই বিশ্লিষ্ট হয়।

$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HClO$

$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$

$PCl_5 + 4H_2O = 5HCl + H_3PO_4$

(ঙ) উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস এই দুই মৌলই ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড ও ফস্‌ফাইড উৎপন্ন করে। নাইট্রাইড ও ফস্‌ফাইড জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া ও ফস্‌ফিন উৎপাদন করে।

$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$; $Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$

$6Mg + P_4 = 2Mg_3P_2$; $Mg_3P_2 + 6H_2O = 2PH_3 + 3Mg(OH)_2$

উপরের আলোচনা হইতে বেশ বুঝা যায় যে, নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস এই উভয় মৌলের রাসায়নিক গুণাবলী সমপর্যায়ভুক্ত।

অবস্থান :—প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ফস্‌ফোরাস মৌল মোটেই পাওয়া যায় না। প্রকৃতিতে উহার যে বিভিন্ন যৌগ পাওয়া যায় তাহাদের অনেকগুলিতেই ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট বিদ্যমান থাকে। ফস্‌ফোরাস-ঘটিত খনিজ পদার্থগুলি যথাক্রমে

(১) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$

(২) ক্লোর-অ্যাপাটাইট (Chlor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$

(৩) ফ্লুওর-অ্যাপাটাইট (Fluor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, CaF_2

(৪) ভিভিয়েনাইট (Vivianite), $Fe_3(PO_4)_2$, $8H_2O$

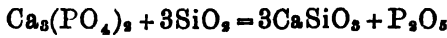
সমস্ত উর্বরা জমিতে ফস্‌ফোরাসের যৌগ বিদ্যমান থাকে। উদ্ভিদেরা জমি হইতে ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগ গ্রহণ করে এবং সমস্ত খাদ্যশস্যেই বিশেষতঃ গমে, যথেষ্ট ফস্‌ফোরাস যৌগ পাওয়া যায়। উদ্ভিদ হইতে ফস্‌ফোরাস যৌগসমূহ প্রাণী-জগতে আসিয়া থাকে এবং সেখানে মূত্রে, ডিমের হলুদ অংশে, হাড়ে এবং মজ্জায় ও মস্তিষ্কে ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগ হিসাবে সঞ্চিত হয়। হাড়ের ভিতর শতকরা প্রায় 60 ভাগ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট থাকে।

খনিজ ফস্‌ফেট হইতে ফস্‌ফোরাস প্রস্তুতি : আধুনিক তড়িৎপদ্ধতি (Modern Electrical Process) :—ফস্‌ফেট-ঘটিত খনিজ পাথরের টুকরার সহিত বালি ও কোক-কয়লা মিশান হয় এবং এই মিশ্রণকে মুখনলের ভিতর দিয়া একটি তড়িৎ-চুল্লীতে ঢালিয়া দেওয়া হয়। সেখানে মুখনলের নিম্নে অবস্থিত একটি স্ক্রু-চালকের (Screw conveyer) সাহায্যে এই মিশ্রণকে একটি অগ্নিসহ ইষ্টক

দ্বারা (fire-brick) নির্মিত বদ্ধচুল্লীতে (furnace) ফেলা হয়। চুল্লীটির নীচের দিকে কার্বনের মোটা দণ্ডের দুইটি তড়িদ্দ্বার থাকে। এই কার্বন তড়িৎদ্বারদ্বয়ের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ যাইতে দিলে মিশ্রণের মধ্যে একটি তড়িৎ-শিখা (electric arc) উৎপন্ন হয়। ইহাতে মিশ্রণটি অতিশয় উত্তপ্ত হয় এবং নিম্নলিখিত রূপ বিক্রিয়ার ফলে ফস্‌ফোরাসের বাষ্প চুল্লীর ভিতর উৎপন্ন হয়।

চিত্র নং 17

প্রথমত: 1200° – 1500° সেন্টিগ্রেড উত্তাপে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ও বালির (Silica, SiO_2) বিক্রিয়ার দ্বারা ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

পরবর্তী পর্যায়ে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস মৌল উৎপাদন করে এবং কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়।

$$P_2O_5 + 5C = 2P + 5CO$$

চুল্লীর ভিতরের উষ্ণতায় ফস্‌ফোরাস মৌল বাষ্পাকারে বহির্গত হয় এবং ইহা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশিয়া থাকে। এই মিশ্রিত বাষ্প চুল্লীর উপরের দিকে অবস্থিত একটি নির্গমন-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই বাষ্পকে চুল্লীর পাশে অবস্থিত জলাধারের জলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। ফস্‌ফোরাস কঠিনরূপে জলের নীচে সঞ্চিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় বাহির হইয়া যায়।

চুল্লীর ভিতর যে ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয় তাহা চুল্লীর উত্তাপে গলিয়া যায় এবং অন্যান্য অশুদ্ধির সহিত একটি ধাতুমলের (slag) সৃষ্টি করে। ইহা চুল্লীর নীচে সঞ্চিত হয় এবং প্রয়োজনমত চুল্লীর তলায় অবস্থিত সরু নির্গমনপথে (ছবিতে দেখান হয় নাই) বাহির করা হয়।

ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট হইতে যে ফস্‌ফোরাস এই উপায়ে পাওয়া যায় তাহা প্রধানতঃ সাদা ফস্‌ফোরাস।

দ্রষ্টব্য ঃ—এই পদ্ধতিতে তড়িৎপ্রবাহ প্রয়োগে কেবল উত্তাপের সৃষ্টি করা হয়। ইহাতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ (electrolysis) সংঘটিত হয় না। ভারতে প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট পাওয়া যায়, কিন্তু সস্তায় তড়িৎশক্তি পাওয়া যায় না বলিয়া ভারতে ফস্‌ফোরাস নিষ্কাশনের কোন ব্যবস্থা এখনও হয় নাই।

ফস্‌ফোরাসের বিশুদ্ধীকরণ ঃ উপরে লিখিত উপায়ে যে ফস্‌ফোরাস পাওয়া যায় তাহাতে অনেকপ্রকার অশুদ্ধি থাকে। ইহাকে পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ করিতে হইলে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের নীচে উক্ত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া উত্তাপ দ্বারা গলান হয়। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সলফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে ডাইক্রোমিক অ্যাসিড ($H_2Cr_2O_7$) উৎপন্ন হয় এবং উক্ত ডাইক্রোমিক অ্যাসিড ফস্‌ফোরাসের সহিত মিশ্রিত অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করিয়া অপসারিত করে। পরে উক্ত গলিত ফস্‌ফোরাসকে শ্যাময় চামড়ার (Chamois leather) সাহায্যে চাপ দিয়া ছাঁকিয়া ছোট ছোট যষ্টির (sticks) আকারে ঢালাই করা হয়। তাহার পর ফস্‌ফোরাসের যষ্টিগুলি পাত্রে অবস্থিত জলের তলায় রাখা হয়।

এই পদ্ধতিতে ফস্‌ফোরাসের বিশুদ্ধীকরণ একমাত্র পরীক্ষাগারেই সম্ভব, কারণ ইহাতে অনেক খরচ পড়ে। ফস্‌ফোরাসের পণ্য উৎপাদন সময়ে যে পদ্ধতিতে ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয় তাহা প্রকাশ করা হয় নাই।

ফস্‌ফোরাসের বহুরূপতা (Allotropic modifications) ঃ পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, তড়িৎপদ্ধতিতে উৎপন্ন ফস্‌ফোরাসকে শ্বেত বা সাদা ফস্‌ফোরাস (White Phosphorus) বলে। কিন্তু ফস্‌ফোরাসকে বহুরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। তাহার মধ্যে **শ্বেত** ও **লোহিত** (Red) ফস্‌ফোরাস বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এই দুই প্রকার ফস্‌ফোরাস কেবলমাত্র যে ভৌতধর্মে সম্পূর্ণভাবে পার্থক্যবিশিষ্ট তাহা নহে, অনেকগুলি রাসায়নিক ধর্মেও তাহাদের পার্থক্য দেখা যায়।

লোহিত ফস্‌ফোরাসের প্রস্তুতি ঃ লোহিত ফস্‌ফোরাস প্রস্তুতে সর্বদাই শ্বেত ফস্‌ফোরাস ব্যবহৃত হয়। শ্বেত ফস্‌ফোরাস বায়ুতে জ্বালাইলে ইহার কতকটা পুড়িয়া যায় এবং কতকটা লোহিত ফস্‌ফোরাসে পরিবর্তিত হয়। তবে

সাধারণতঃ একটি আবদ্ধ লৌহ পাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া 240°—250° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া লোহিত ফস্‌ফোরাসের পণ্য উৎপাদন নিষ্পন্ন করা হয়।

একটি ঢালাই লোহার কড়াইএ প্রায় 1 টন শ্বেত ফস্‌ফোরাস লইয়া তাহার সহিত একটু আয়োডিন মেশান হয়। আয়োডিনের সংস্পর্শে শ্বেত ফস্‌ফোরাসের পরিবর্তন সহজসাধ্য হয় এবং কিছু কম উষ্ণতায় পরিবর্তনটি সংঘটিত হয়। কড়াইএর মুখটি বায়ুনিরোধক ঢাকনা দিয়া বন্ধ করা থাকে। উক্ত ঢাকনার মধ্যস্থল দিয়া একটি সোজা দুই মুখখোলা লোহার নল উপর দিকে উঠিয়া গিয়াছে। এই নলের সাহায্যে পাত্রের মধ্যে গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া রাখা হয়। লৌহ পাত্রের উপরের দিকে লৌহের দুইটি নিম্নদিক বন্ধ নলের ভিতর ছবিতে দেখান মত দুইটি থার্মোমিটার লাগান হয়। সেই দুইটি থার্মো-মিটারের সাহায্যে লৌহ পাত্রের

লাল ফসফরাস উৎপাদন পদ্ধতি

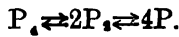
চিত্র নং 18

ভিতরের উষ্ণতা যাহাতে 250° সেন্টিগ্রেডের উপরে না উঠে তাহা দেখা হয়। থার্মোমিটার দুইটিকে লোহার নলের ভিতর রাখার কারণ এই যে, ফস্‌ফোরাসের বাষ্প কাচের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। শ্বেত ফস্‌ফোরাসের পরিবর্তনের সময় অনেক তাপ উদ্ভূত হয় এবং 250° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় লোহিত ফস্‌ফোরাস আবার শ্বেত ফস্‌ফোরাসে পরিবর্তিত হইয়া যায়। সেই কারণেই থার্মোমিটারের সাহায্যে উষ্ণতার পরিমাপ ঠিক রাখা হয়। উত্তাপ দিলে পাত্রের মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা সামান্য শ্বেত ফস্‌ফোরাস জারিত হয়। অবশিষ্ট সামান্য শ্বেত ফস্‌ফোরাস লোহিত ফস্‌ফোরাসের সহিত মিশিয়া থাকিয়া যায়। সেই কারণে বিক্রিয়া শেষে লৌহ পাত্র হইতে মিশ্রণটিকে ঢালিয়া ফেলিয়া চূর্ণকে গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণের সহিত ফুটান হয়। ইহাতে লোহিত ফস্‌ফোরাসের কোন পরিবর্তন

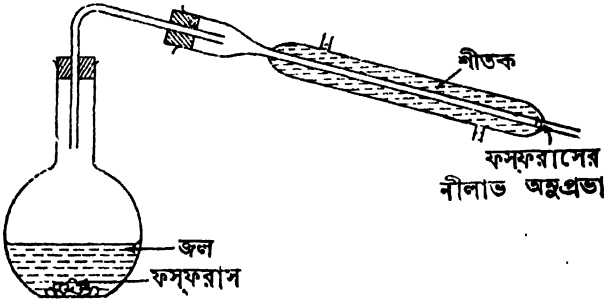
হয় না, কিন্তু শ্বেত ফস্‌ফোরাস ফস্‌ফিন ও সোডিয়াম হাইপোফস্‌ফাইটে (Sodium hypophosphite, NaH_2PO_2) পরিণত হইয়া অপসারিত হয়। পরে লোহিত ফস্‌ফোরাসকে জলে ধুইয়া বায়ুতে শুকাইয়া লওয়া হয়। লোহিত ফস্‌ফোরাস বায়ুতে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না।

ফস্‌ফোরাসের ধর্ম ঃ শ্বেত ফস্‌ফোরাসের ধর্ম ঃ

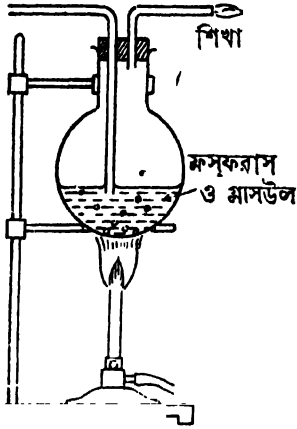
(1) শ্বেত ফস্‌ফোরাস শ্বেত বা হরিদ্রাভ স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। (2) ইহা ঈষদ স্বচ্ছ এবং মোমের মত নরম এবং জলের নীচে ইহাকে ছুরি দিয়া কাটা যায়। (3) ইহার গলনাঙ্ক 44° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 288° সেন্টিগ্রেড। (4) ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·81। (5) ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ইহা বেনজিন (Benzene), টার্পিন তৈল (Turpentine), কার্বন ডাইসলফাইড (CS_2), এবং ইথারে (Ether) দ্রবীভূত হয়। (6) ইহা খুব বিষাক্ত পদার্থ। মৃত্যু ঘটাইতে ইহার 0·25 গ্রামই যথেষ্ট। সেই কারণে ইহা লইয়া কাজ করিবার সময় ইহাকে হাত দিয়া ধরা মোটেই উচিত নয় এবং চিমটার সাহায্যে ইহা স্থানান্তরিত করা হয়। ইহার বাষ্পে মাঢ়ির রোগ সৃষ্টি করে। (7) ইহা স্টীমের সহিত বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। (8) কম উষ্ণতায় ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া দেখা যায় যে, ইহার অণুতে চারিটি পরমাণু বর্তমান এবং তখন ইহার আণবিক সঙ্কেত P_4। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার অণু ভাঙ্গিয়া গিয়া পরমাণুতে পরিণত হয়।

$$P_4 \rightleftharpoons 2P_2 \rightleftharpoons 4P.$$

(9) ইহার অক্সিজেনের উপর প্রবল আসক্তি (affinity) আছে। সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন এবং এমন কি বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই ইহা ধীরে ধীরে জারিত হয়। 30° সেন্টিগ্রেডের উপর উষ্ণতায় অক্সিজেন দ্বারা শ্বেত ফস্‌ফোরাস্ জারিত হইবার সময় ইহা জ্বলিয়া উঠে এবং একটি সবুজ শিখা দেখা যায়। এই সময় ফস্‌ফোরাসের বিভিন্ন অক্সাইড (প্রধানতঃ পেণ্ট-অক্সাইড, P_2O_5) উৎপন্ন হয়। এই সবুজ আলোক-শিখায় কোন উত্তাপ থাকে না এবং ইহাকে **ঠাণ্ডা শিখা** (cold flame) বলে। অন্য বস্তুর সহিত অল্প পরিমাণে শ্বেত ফস্‌ফোরাস মিশ্রিত থাকিলেও (লক্ষ ভাগে একভাগ*) এই আভা হইতে ফস্‌ফোরাসের উপস্থিতি জানিতে পারা যায়। ইহাকেই ফস্‌ফোরাসের **অনুপ্রভা**

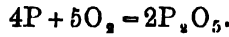
(phosphorescence বা glow) বলে। বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, (ক) শুষ্ক অক্সিজেনে ফস্‌ফোরাসের অনুপ্রভা সংঘটিত হয় না, (খ) বায়ুর চাপ কমিলে অনুপ্রভার উজ্জ্বলতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং (গ) তার্পিন তৈল, অ্যালকোহল, কার্বন ডাইসলফাইড, কর্পূর প্রভৃতির বাষ্প অনুপ্রভা নিবারিত করে। ফস্‌ফোরাসের এই স্বতঃ জারণের সময় অনেকের মতে ওজোন (Ozone) উৎপন্ন হয়, কারণ যে সমস্ত দ্রব্য ওজোন শোষিত করে সেই সমস্ত দ্রব্যই অনুপ্রভা নিবারিত করে।

নিম্নলিখিত দুইভাবে অনুপ্রভার পরীক্ষা দেখান যাইতে পারে। (i) অন্ধকার ঘরে একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু জল লইয়া তাহাতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস

চিত্র নং 19

ছাড়িয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বাঁকানো কাচের নল লাগান হয়। সেই কাচের নলের সহিত একটি লিবিগ শীতক (Liebig's condenser) যোগ করিয়া দেওয়া হয়। শীতকের বাহিরের আবরণের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহার পর ফ্লাস্কের জলকে ফোটান হয়। স্টীমের সহিত ফস্‌ফোরাসের বাষ্প বাহির হইয়া আসে। সেই বাষ্প শীতকের ভিতর যেখানে ঘনীভূত হয় সেইখানে ফস্‌ফোরাসের সবুজ অনুপ্রভা দেখা যায়। (ii) অন্ধকার ঘরে একটি বড় কাচের ফ্লাস্কে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া কাচের উল (glass wool) দিয়া বেশ করিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি ছিপি লাগাইয়া ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি কাচের নল লাগান হয়। তাহার মধ্যে একটি নল ছোট এবং অপরটি

লম্বা। নল দুইটি সহ ছিপিটি এরূপভাবে লাগান হয় যে, লম্বা নলটি কাচের উলের ভিতর প্রবেশ করিয়া থাকে। লম্বা নলটির খোলা মুখ কোল গ্যাসের নলের সহিত যুক্ত করিয়া ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া কোল গ্যাস চালনা করিয়া ভিতরের বায়ু অপসারিত করা হয় (ছবিতে দেখান হয় নাই)। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। তখন দেখা যায় যে, ছোট কাচ নলের মুখে একটি সবুজ শিখা জ্বলিয়া উঠিয়াছে। এই শিখায় দিয়াশলাইএর কাঠি ধরিলে জ্বলিয়া উঠে না এবং আঙ্গুল দিলে তাহা পোড়ে না। ইহাই **শীতল শিখা**।

চিত্র নং 20

(10) শ্বেত ফস্‌ফোরাস্ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফোরাসে আগুন ধরিয়া যায় এবং সাদা শিখার সহিত ইহা জ্বলিতে থাকে এবং ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডের ধুম নির্গত হইতে থাকে।

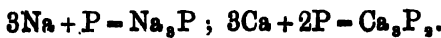
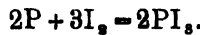
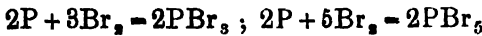
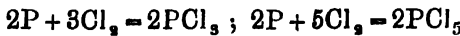
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5.$$

(11) শ্বেত ফস্‌ফোরাস সাধারণ উষ্ণতায় বিভিন্ন হ্যালোজেন (ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে হ্যালোজেন মৌল বলে), সলফার ও সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম ধাতুর সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়। এই সংযোগের ফলে ফস্‌ফোরাসের হ্যালাইড, ও সলফাইড আর ধাতব ফস্‌ফাইড উৎপন্ন হয়। এই সকল বিক্রিয়া সংঘটিত হইবার সময় প্রায়ই ফস্‌ফোরাস জ্বলিয়া উঠে এবং আলোক ও তাপ উদ্ভূত হয়।

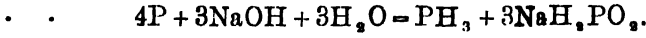
$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3 \; ; \; 2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \; ; \; 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$

$$2P + 3I_2 = 2PI_3.$$

$$2P + 5S = P_2S_5 \; ; \; 4P + 7S = P_4S_7.$$

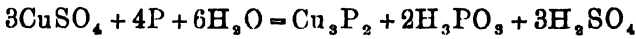
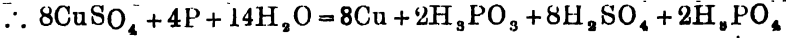
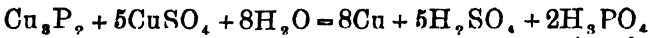
$$3Na + P = Na_3P \; ; \; 3Ca + 2P = Ca_3P_2.$$

(12) কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস, বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রভৃতি তীক্ষ্ণ ক্ষারের দ্রবণের সহিত শ্বেত ফস্‌ফোরাস ফুটাইলে ফস্‌ফিন (Phosphine, PH_3) গ্যাস ও হাইপোফস্‌ফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

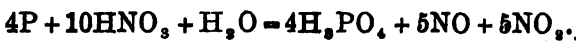
$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2.$$

(13) শ্বেত ফস্‌ফোরাস বিজারক হিসাবেও ক্রিয়া করিয়া থাকে। কপার, সিলভার ও গোল্ডের লবণের দ্রবণে শ্বেত ফস্‌ফোরাস যোগ করিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$3CuSO_4 + 4P + 6H_2O = Cu_3P_2 + 2H_3PO_3 + 3H_2SO_4$$

(সাধারণ উত্তাপে)

$$Cu_3P_2 + 5CuSO_4 + 8H_2O = 8Cu + 5H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

$$\therefore 8CuSO_4 + 4P + 14H_2O = 8Cu + 2H_3PO_3 + 8H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

লোহিত ফস্‌ফোরাসের ধর্ম: (1) লোহিত ফস্‌ফোরাস একটি লাল রংএর অনিয়তাকার (amorphous) কঠিন পদার্থ। (2) খুব সম্ভবতঃ ইহা বিভিন্ন প্রকারের ফস্‌ফোরাস মৌলের মিশ্রণ, কারণ ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে 590° সেন্টিগ্রেডের উপর ইহা নরম হইতে থাকে। (3) ইহা শ্বেত ফস্‌ফোরাস অপেক্ষা ভারী; ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·2। (4) ইহা জলে এবং অন্যান্য জৈব দ্রাবকেও (যথা কার্বন ডাইসলফাইড, অ্যালকোহল প্রভৃতি) অদ্রবণীয়। (5) ইহার কোন স্বাদ নাই এবং শ্বেত ফস্‌ফোরাসের মত ইহা বিষাক্ত নয়। (6) বায়ুতে রাখিলে লোহিত ফস্‌ফোরাস সাধারণ উষ্ণতায় জারিত হয় না। সেই কারণে ইহাকে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখার প্রয়োজন হয় না। (7) 250° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা অক্সিজেন বা বায়ুতে জ্বলিয়া উঠে এবং ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন করে। (8) হ্যালোজেনের সহিত লোহিত ফস্‌ফোরাস সহজেই যুক্ত হয়, কিন্তু সলফারের সহিত উত্তপ্ত না করিলে ইহা ক্রিয়া করে না। (9) তীক্ষ্ণক্ষারের [যথা—NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$] গাঢ় দ্রবণের সহিত ফুটাইলেও ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না। (10) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে লোহিত ফস্‌ফোরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2.$$

এই বিক্রিয়াটি শ্বেত ফস্‌ফোরাসের সহিতও সংঘটিত হয়, কিন্তু সেস্থলে বিস্ফোরণ সংঘটিত হওয়ার ভয় আছে। তাই লোহিত ফস্‌ফোরাস হইতে এই বিক্রিয়া দ্বারা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফোরাস এবং লোহিত ফস্‌ফোরাস হইতে শ্বেত ফস্‌ফোরাস উৎপাদন ঃ

শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে বায়ুশূন্য পাত্রে অথবা কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ পাত্রে 250° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলেই শ্বেত ফস্‌ফোরাস লোহিত ফস্‌ফোরাসে রূপান্তরিত হয়। আবার সেই লোহিত ফস্‌ফোরাসকে 250° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার অপেক্ষা উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পে রূপান্তরিত করিয়া সেই বাষ্প দ্রুত শীতল করিলে শ্বেত ফস্‌ফোরাস কঠিন আকারে পাওয়া যায়।

ফস্‌ফোরাসের ব্যবহার ঃ (1) শ্বেত ফস্‌ফোরাস সাধারণতঃ লোহিত ফস্‌ফোরাস প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। তবে সামান্য অংশ ক্যালসিয়াম হাইপোফস্‌ফাইট প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়। কিছুটা ফসফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড ও ফস্‌ফর-ব্রঞ্জ তৈয়ারী করিতে লাগে। গত মহাযুদ্ধে শ্বেত ফস্‌ফোরাস অগ্নি-প্রজ্বালক বোমা (incendiary bomb) ও ধোঁয়ার পর্দা (smoke screen) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়াছে। (2) লোহিত ফস্‌ফোরাস বর্তমানে দিয়াশলাই প্রস্তুতে প্রায় সমস্তটাই ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক (HBr) ও হাইড্রিয়াডিক (HI) অ্যাসিড প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ফস্‌ফোরাসের অভীক্ষণ ঃ (1) একটি কাচের বড় সিলিণ্ডারের তলদেশে কিছুটা বালি রাখিয়া তাহার উপর জল দিয়া সিলিণ্ডারের প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ ভর্তি করা হয়। তাহার পর বালির উপর কিছুটা পটাসিয়াম ক্লোরেটের গুঁড়া ছড়াইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস বলিয়া যে দ্রব্য সন্দেহ হয় তাহা যোগ করা হয়। ইহার পর লম্বানল ফানেলের সাহায্যে ফস্‌ফোরাস বলিয়া যাহা মনে হয় তাহার উপর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। যদি জলের নীচে আগুন জ্বলিয়া উঠে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, পদার্থটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস। ইহাই **জলের নীচে আগুন** দেখাইবার পদ্ধতি এবং সেখানে শ্বেত ফস্‌ফোরাস ব্যবহার করা হয়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম

ক্লোরেট হইতে ক্লোরিণ ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং সেই ক্লোরিণ ডাই-অক্সাইড শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে জারিত করে। এই জারণ ক্রিয়ার ফলেই আগুন জ্বলিয়া উঠে।

(2) শ্বেত ফস্‌ফোরাস বলিয়া যে দ্রব্য সন্দেহ হয় তাহার কিছুটা একটি পোর্সিলেন বেসিনে স্থিত কার্বন ডাই-সলফাইডে যোগ করা হয়। দ্রব্যটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইলে তাহা কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণে তুলা-জড়ানো কাঠি ডুবাইয়া যে দ্রবণ উঠিয়া আসে তাহা দ্বারা কাগজের উপর নিজ নামের আদ্য অক্ষর লেখা হয়। অল্পক্ষণ পরেই কার্বন ডাই-সলফাইড উবিয়া যায় এবং তখন যদি কাগজে আগুন ধরিয়া যায় এবং লেখা অংশটির কাগজ পুড়িয়া গিয়া অক্ষরটি স্পষ্ট হইয়া উঠে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, দ্রব্যটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস ভিন্ন আর কিছুই নয়। ইহাকেই **আগুনের অক্ষর** বলে।

দিয়াশলাই শিল্প: 1805 খ্রীষ্টাব্দে চান্সেল (Chancel) প্রথম পটাসিয়াম ক্লোরেট-ঘটিত দিয়াশলাই আবিষ্কার করেন। ইহাতে একটি কাঠির মাথায় পটাসিয়াম ক্লোরেট ও চিনির মিশ্রণ পুটুলি করিয়া লাগানো থাকিত। সেই পুটুলি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইলে আগুন জ্বলিয়া উঠিত ও কাঠিতে আগুন ধরিত। ইহার জন্য সঙ্গে শিশিতে করিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখা প্রয়োজন হইত। কিন্তু গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সঙ্গে লইয়া চলা বড়ই বিপজ্জনক। ইহার পর 1837 খ্রীষ্টাব্দে ঘর্ষণ দিয়াশলাই আবিষ্কৃত হয়। ইহাতে কাঠির মাথায় এন্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) ও পটাসিয়াম ক্লোরেট আঠার সাহায্যে পুটুলি করিয়া লাগানো হইত। এই পুটুলিকে বালিযুক্ত কাগজে ঘর্ষণ করিলে আগুন জ্বলিয়া উঠিত।

শ্বেত ফস্‌ফোরাস আবিষ্কৃত হইলে শ্বেত ফস্‌ফোরাস দিয়া দিয়াশলাই তৈয়ারী করা হইত। কিন্তু শ্বেত ফস্‌ফোরাস বিষাক্ত বলিয়া এখন ইহার ব্যবহার নিষিদ্ধ হইয়াছে।

ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Friction বা Lucifer matches): নরম কাঠের (যথা, আম, সিমুল) সরু কাঠির এক প্রান্তে গলিত মোম বা গন্ধক লাগানো হয়। তাহার উপর শ্বেত ফস্‌ফোরাস, পটাসিয়াম ক্লোরেট (অথবা পটাসিয়াম নাইট্রেট, লেড পার-অক্সাইড বা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড), ও কয়লার গুঁড়া শিরিষের (glue) লেইএর (paste) সাহায্যে লাগানো হয়। ইহার পর

কাঠিগুলিকে শুকানো হয়। শিরিষ শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইতে দেয় না। অমসৃণ স্থানে কাঠির মাথা ঘর্ষণ করিলে ঘর্ষণ-জনিত তাপে শ্বেত ফস্‌ফোরাস সহজ দাহ্য পদার্থ বলিয়া জ্বলিয়া উঠে। আবার জ্বলন্ত ফস্‌ফোরাস, গন্ধক বা মোমে আগুন ধরাইয়া দেয় ও কাঠিটি জ্বলিতে থাকে। কিন্তু এই প্রকার দিয়াশলাইএর অসুবিধা এই যে, শ্বেত ফস্‌ফোরাস খুব বিষাক্ত বলিয়া ব্যবহারে বিপদ ঘটিতে পারে এবং অসাবধানতায় সামান্য ঘর্ষণেই কাঠি জ্বলিয়া উঠিয়া বিপত্তির সৃষ্টি করিতে পারে। এই কারণে শ্বেত ফস্‌ফোরাসের স্থলে ফস্‌ফোরাস সল্‌ফাইড ব্যবহার করা হয় এবং দিয়াশলাইএর বাক্সের গায়ে বালি ও কাচের গুঁড়া আঠা দিয়া লাগাইয়া কাঠিটি ঘর্ষণ করিবার ব্যবস্থা করা হয়।

নিরাপদ দিয়াশালাই (Safety matches) : বর্তমানে নিরাপদ দিয়াশলাই-এর ব্যবহারই চলিত হইয়াছে। ইহাতে কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি সলফাইড (Sb_2S_3), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), ও রেড লেড (Pb_3O_4) শিরিষের আটার সাহায্যে লাগানো হয়। তাহার পর কাঠিটি শুকাইয়া লওয়া হয়। যাহাতে জ্বলন্ত কাঠি নির্বাপিত করা মাত্র আগুনও নিভিয়া যায় তাহার ব্যবস্থা করার জন্য কাঠিটিকে (লেইসহ পূর্ব উল্লিখিত দ্রব্যাদি কাঠির প্রান্তে লাগাইবার পূর্বে) সোহাগার (borax $Na_2B_4O_7, 10H_2O$) দ্রবণে ডুবাইয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। এই কাঠিটিকে একটি বিশেষ ধরণে প্রস্তুত খস্‌খসে কাগজে ঘর্ষণ করিয়া প্রজ্বলিত করা হয়। এই কাগজ দিয়াশলাইএর বাক্সের দুই পার্শ্বে লাগানো থাকে। এই কাগজের উপর লোহিত ফস্‌ফোরাস, কাচের গুঁড়া, অ্যান্টিমনি সলফাইড ও আঠার লেই লাগাইয়া শুকাইয়া লইয়া তবে দিয়াশলাইয়ের বাক্সে লাগানো হয়। ঘর্ষণে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহা দ্বারা লোহিত ফস্‌ফোরাস জারকের সাহায্যে জারিত হইয়া জ্বলিয়া উঠে এবং কাঠির মাথায় আগুন ধরাইয়া দেয়। এই প্রকার দিয়াশলাই অন্য কোথাও ঘর্ষণ করিলে আগুন জ্বলে না।

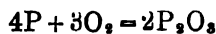
যে-কোনও-স্থানে-ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Strike-any-where matches) : এই প্রকার দিয়াশলাইএর কাঠির মাথা যে-কোন স্থানে ঘর্ষণ করিলে জ্বলে। কিন্তু সামান্য ঘর্ষণে জ্বলিবার ভয় ইহাতে নাই। এই কাঠির মাথায় ঘোর লোহিত (Scarlet) ফস্‌ফোরাস বা ফস্‌ফোরাস সলফাইড (P_4S_3), পটাসিয়াম ক্লোরেট বা রেড লেড (Pb_3O_4) ও শিরিষের আঠা এবং কাচের গুঁড়া

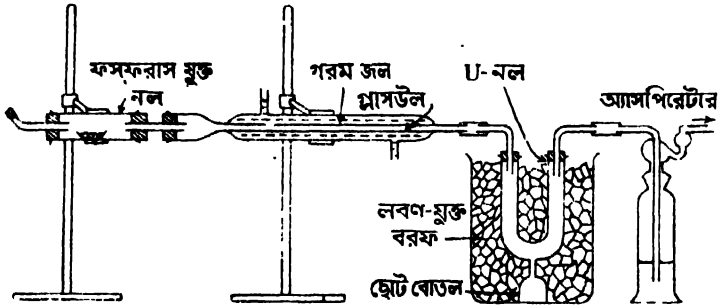
লাগানো হয়। এই সমস্ত দিয়াশলাইএর কাঠিতে P_4S_3 বিজারকের কাজ করে এবং $KClO_3$ বা Pb_3O_4 জারকের কাজ করে।

ভারতে বর্তমানে দিয়াশলাই-শিল্পের আধুনিক উন্নত প্রণালীতে পরিচালিত বহু কারখানা স্থাপিত হইয়াছে এবং সেই সমস্ত কারখানা হইতে ভারতের চাহিদা মিটাইবার মত দিয়াশলাই প্রস্তুত হইতেছে। ইহাদের মধ্যে ওয়েস্ট ইণ্ডিয়া ম্যাচ কোম্পানী (West India Match Company) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

ফস্‌ফোরাসের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড সমূহ (Oxides and Oxyacids of Phosphorus): ফস্‌ফোরাসের তিনটি অক্সাইড জানা আছে, যথা, (1) ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড বা ফস্‌ফোরাস অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6; (2) ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড বা ফস্‌ফোরিক অক্সাইড, P_2O_5 বা P_4O_{10}; (3) ফস্‌ফোরাস টেট্রক্সাইড, P_2O_4 বা P_8O_{16}। ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য ও সচরাচর ব্যবহৃত হয়। অক্সি-অ্যাসিডও অনেকগুলি জানা আছে, যেমন, (1) ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড, H_3PO_3; (2) ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড তিন প্রকারের হয়, অর্থো—, H_3PO_4, পাইরো—, $H_4P_2O_7$ এবং মেটা—, HPO_3; (3) হাইপো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_6$ এবং (4) হাইপো-ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড, H_3PO_2। ইহাদের মধ্যে অর্থো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডই বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য, কারণ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটই খনিজ হিসাবে এবং জীবদেহের গঠনে অস্থি হিসাবে পাওয়া যায়। তবে ক্যালসিয়াম হাইপো ফসফাইট $[Ca(H_2PO_2)_2]$ ঔষধে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

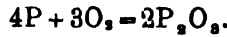
ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড বা ফস্‌ফোরাস অক্সাইড, P_2O_3 বা P_4O_6: শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে স্বল্প বায়ুতে সামান্য উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফোরাসের যে দহন ও জারণ হয় তাহাতে বেশীর ভাগই ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং সামান্য ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইডকে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড হইতে পৃথক করার জন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয় এবং এই উপায়েই বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

প্রস্তুতি : একটি শক্ত কাচনলে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখা হয়। উক্ত কাচনলের একটি মুখ উত্তপ্ত করিয়া টানিয়া বাঁকাইয়া উপর দিকে করিয়া লওয়া হয় এবং অপর মুখ একটি লিবিগ শীতকের ভিতরকার নলের সহিত যুক্ত করা হয়। নলের একমুখ বাঁকানোর উদ্দেশ্য এই যে, ফসফোরাসের জারণের সময় ফস্‌ফোরাস গলিয়া গেলেও উহা নলের বাহিরে আসিতে না পারে। শীতকের ভিতরের নলটির প্রান্তদেশ হিমমিশ্রে অবস্থিত একটি U-নলের সহিত যুক্ত করা

চিত্র নং 21

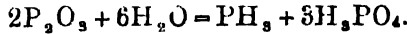
হয়। শীতকের ভিতরের নলের বাহির দিয়া সামান্য গরম জল (60° সেন্টিগ্রেড) পরিচালনা হয় এবং উক্ত ভিতরের নলের শেষ প্রান্তে একটু কাচের উল (Glass wool) পুরিয়া লওয়া হয়। U-নলের তলদেশে সংযুক্ত একটি বোতল হিমমিশ্রে বসান থাকে। U-নলের অপর প্রান্ত একটি অ্যাসপিরেটরের (Aspirator) সহিত সংযুক্ত করা হয় (ছবিতে দেখান হয় নাই)। অ্যাস-পিরেটরের স্টপ-কক (Stop-cock) সামান্য খুলিয়া দিলে ফস্‌ফোরাসের টুকরা গুলির উপর ধীরে ধীরে একটি বায়ুপ্রবাহ পরিচালিত হয় এবং ফস্‌ফোরাস জ্বলিতে থাকে। ফস্‌ফোরাসের জারণের ফলে ফস্‌ফোরাসের ট্রাই-অক্সাইড এবং উহার সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সামান্য ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু শীতকের ভিতরের নল দিয়া ইহাদের বাষ্প চালিত হওয়ার সময় শীতকে উষ্ণ জলের প্রবাহ (60° সেন্টিগ্রেড) থাকায় P_2O_3 বাষ্পাকারে কাচের উলের ভিতর দিয়া U-নলে যায়, কিন্তু ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড ঐ উত্তাপে কঠিন অবস্থায় থাকায় কাচের উলে আটকাইয়া থাকিয়া যায়। P_2O_3 শীতল U-নলে ঘনীভূত হয়।

U-নলকে হিমমিশ্র হইতে সরাইয়া একটু গরম করিলেই P_2O_3 গলিয়া U-নলের নীচের বোতলে চলিয়া যায় এবং সেখানে জমা হয়।

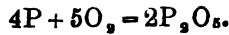
$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3.$$

ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 24° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 173° সেন্টিগ্রেড। ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 110। সুতরাং ইহার আণবিক সংকেত হইল P_4O_6। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে দ্রুত জারিত হয় এবং ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড। শীতল জলের সহিত ইহা ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3.$$

কিন্তু গরম জলে ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড যোগ করিলে বিস্ফোরণ হয় এবং ফস্‌ফিন (PH_3), অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড ও সামান্য লোহিত ফস্‌ফোরাস উৎপন্ন হয়।

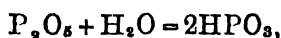
$$2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4.$$

ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড, P_2O_5.

শ্বেত-ফস্‌ফোরাসকে শুষ্ক অবস্থায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে বা অক্সিজেন-প্রবাহে দহন করিলে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5.$$

প্রস্তুতি ঃ একটি বড় কাচের পাত্রে তামার চামচে করিয়া অল্প অল্প শ্বেত ফস্‌ফোরাস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়ান হয়। ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডই বেশীর ভাগ উৎপন্ন হইয়া পাত্রের তলদেশে জমা হয়, কিন্তু তাহার সহিত সামান্য ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড মেশান থাকে। এই অশুদ্ধ অক্সাইডকে ওজোন-মিশ্রিত বায়ুপ্রবাহে (ozonised air) 175°-220° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে P_2O_3 সম্পূর্ণরূপে P_2O_5এ রূপান্তরিত হয়। বিশুদ্ধ P_2O_5 পাইতে হইলে অশুদ্ধ P_2O_5কে শক্ত কাচের নল হইতে শুষ্ক বায়ুপ্রবাহে উত্তাপ দ্বারা বাষ্পীভূত করিয়া শীতল গ্রাহকে কঠিনাকারে সঞ্চিত করা হয়। বিশুদ্ধ P_2O_5 সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে যোগ করিলে কোন কালো বর্ণ উৎপন্ন হয় না।

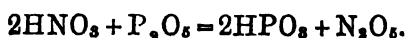
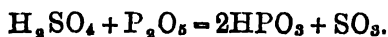
ধর্ম ঃ ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড সাধারণতঃ সাদা গুঁড়া অবস্থায় পাওয়া যায়। শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভিতর পাতিত করিলে ইহাকে স্ফটিকাকারে

পাওয়া যায় এবং স্ফটিকাকারের P_2O_5 250° সেন্টিগ্রেডে উর্ধ্বপাতিত হয়। ইহা সহজেই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। সেইজন্য ইহাকে সর্বদাই বোতলে ছিপি দিয়া রাখা হয়। নিম্ন তাপে আলোতে রাখার পর P_2O_5-কে অন্ধকারে লইয়া গেলে ইহার প্রবল অনুপ্রভা দেখা যায়। ইহাও একটি অম্লজাতীয় অক্সাইড। ইহাকে ঠাণ্ডা জলে দিলে হিস্ হিস্ শব্দ হয় এবং ইহা দ্রবীভূত হইয়া মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3,$$

কিন্তু গরম জলে যোগ করিলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড দিয়া থাকে।

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4.$$

জলের প্রতি ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডের আসক্তি খুব বেশী। এইজন্য ইহা একটি শক্তিশালী নিরুদক (dehydrating agent) হিসাবে কার্য করে। কেবল যে ইহা জল বা জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে তাহা নহে, অন্য যে-কোন যৌগে জলে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে সেই পরিমাণে উক্ত মৌলদ্বইটি বর্তমান থাকে তাহা হইতেও জল শোষণ করিয়া লইতে পারে। ইহা সলফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি হইতে জলের উৎপাদক মৌলগুলি (elements of water) টানিয়া লয় এবং উক্ত অ্যাসিডগুলির অ্যাসিড নিরুদক (acid anhydride) উৎপন্ন করে।

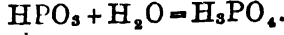
$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3.$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5.$$

অ্যালকোহল হইতেও ইহা জলের উপাদান শোষণ করিয়া লইয়া থাকে।

$$C_2H_5OH + P_2O_5 = 2HPO_3 + C_2H_4.$$

কাগজ, কাঠ ও অনেক জৈব পদার্থ এইভাবে আক্রান্ত হয়। নিরুদক হিসাবে ইহা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি হইতে অনেক অধিক শক্তিশালী।

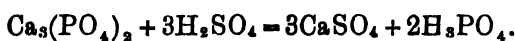
ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড নিরুদক হিসাবে ও ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড, H_3PO_4 :—(1) ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডকে গরম জলে যোগ করিলে অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। (2) আবার ঠাণ্ডা জলে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড যোগ করিয়া যে মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার দ্রবণকে ফুটাইলে অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4.$$

পরীক্ষাগারে অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ একটি গোল-তলবিশিষ্ট (round bottomed) 2 লিটার আয়তনের কাচের ফ্লাস্কে 112 ঘন সেন্টিমিটার ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যাসিডের আয়তনের দেড়গুণ জল মিশাইয়া লওয়া হয়। এই মিশ্রণে অল্প অল্প করিয়া লোহিত ফস্‌ফোরাস (31 গ্রাম) যোগ করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে ঊর্ধ্বমুখী শীতক লাগাইয়া শীতকের বহিরাবরণের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহার পর মিশ্রণটিকে ফুটান হয়। সমস্ত ফস্‌ফোরাস দ্রবীভূত হইলে ফ্লাস্ক হইতে সমস্ত দ্রবণটিকে একটি পোর্সিলেন ডিসে ঢালিয়া আরও 20 ঘন সেন্টিমিটার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। তাহার পর মিশ্রণটি সহ পোর্সিলেন ডিস বালি গাহে উত্তপ্ত করা হয়। যখন সমস্ত ক্রিয়া শেষ হইয়াছে বলিয়া মনে হয়, তখন সামান্য দ্রবণ লইয়া জল মিশাইয়া সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে যোগ করিয়া দেখা হয় যে, কোন কালো রংএর অধঃক্ষেপ (ফস্‌ফোরাস অ্যাসিডের জন্য) পাওয়া যায় কি-না। যখন কালো রংএর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না তখন দ্রবণটিকে সমপরিমাণ জল মিশাইয়া পরিস্রাবিত করা হয়। এই পরিস্রুৎকে অন্য একটি পোর্সিলেন ডিসে লইয়া অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ বোর্ডের উপর রাখিয়া 180° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয়। যখন দ্রবণটি উপযুক্তরূপ গাঢ় হয় তখন গাঢ় দ্রবণকে একটি ছোট পোর্সিলেন বেসিনে লইয়া বায়ুশূন্য শোষকাধারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখা হয় এবং শোষকাধারটি একটি হিমমিশ্রে রাখিয়া শীতল করা হয়। তখন দ্রবণ হইতে অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের উদ্‌গ্রাহী কেলাস জমা হয়। যদি উষ্ণতা 180° সেন্টিগ্রেডের উপরে চলিয়া যায় তাহা হইলে মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণটি কেলাসিত হয় না।

অস্থিভস্ম হইতে পণ্য-উৎপাদন ঃ অস্থিভস্মে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট $Ca_3(PO_4)_2$ থাকে। অস্থিভস্মকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত

করিয়া কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া সীসার আস্তরণ-দেওয়া ট্যাঙ্কে সিদ্ধ করা হয়। তাহাতে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফেট ও ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4.$$

অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফেটকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া যখন দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·7 হয় তখন দ্রবণে 85% ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড থাকে। এই দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট, $CaH_4(PO_4)_2$, মিশিয়া থাকে। এই দ্রবণকে ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের সিরাপ বলে এবং ইহা বোতলে করিয়া বাজারে সেইভাবেই চালান দেওয়া হয়।

খনিজ ফস্‌ফেট হইতে যে উপায়ে ফস্‌ফোরাস উৎপাদিত হয় সেই উপায়ে তড়িৎ-চুল্লীতে ফস্‌ফেট খনিজ, কোক ও বালি তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং চুল্লীর ভিতর বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। তাহাতে ফস্‌ফোরাসের দহনে P_2O_5 এবং কার্বন মনোক্সাইডের দহনে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। চুল্লী হইতে বহির্গত ধোঁয়াকে ঠাণ্ডা করিয়া জলকণার (water-spray) সহিত মিশাইয়া বৈদ্যুতিক উপায়ে অধঃক্ষিপ্ত (Electrostatic precipitation) করিয়া 85% ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট অশুদ্ধি হইতে মুক্ত।

ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের ধর্ম :—(1) অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় উদগ্রাহী বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন। ইহার গলনাঙ্ক 38·2°—42·3° সেন্টিগ্রেড। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে ধীরে ধীরে জল বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যায় এবং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। 213° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় (240° সেন্টিগ্রেডের উপর উষ্ণতায় দ্রুতভাবে) অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের দুই অণু হইতে এক অণু জল অপসারিত হয় এবং পাইরো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

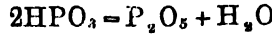
$$2H_3PO_4 - H_2O = H_4P_2O_7$$

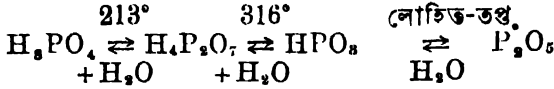
316° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিলে অর্থো বা পাইরো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের এক অণু হইতে এক অণু জল চলিয়া গিয়া মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_3PO_4 - H_2O = HPO_3$$

$$H_4P_2O_7 - H_2O = 2HPO_3.$$

মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডকে আরও উত্তপ্ত করিলে ইহা ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2HPO_3 = P_2O_5 + H_2O$$

উপরের বিক্রিয়াগুলি উভমুখী অর্থাৎ শেষের উৎপন্ন অক্সাইড বা অ্যাসিডের সহিত জল দিয়া ফুটাইলে পূর্বের ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_3PO_4 \underset{+H_2O}{\overset{213^\circ}{\rightleftharpoons}} H_4P_2O_7 \underset{+H_2O}{\overset{316^\circ}{\rightleftharpoons}} HPO_3 \underset{H_2O}{\overset{\text{লোহিত-তপ্ত}}{\rightleftharpoons}} P_2O_5$$

অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের অণুতে যে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে তাহাদের ক্রমে ক্রমে বা একসঙ্গে ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা সম্ভব। ইহা ত্রিক্ষারীয় (tribasic) অ্যাসিড। সেই কারণে এই অ্যাসিড হইতে তিন প্রকারের লবণ পাওয়া যাইতে পারে ; যথা, MH_2PO_4, M_2HPO_4, এবং M_3PO_4 (M যে-কোন একযোগী ধাতুর পরমাণু)। অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড অথবা কার্বনেটের ক্রিয়ার ফলে ফস্‌ফেট লবণ উৎপন্ন হয়। অর্থো-ফস্‌ফেটগুলিকে সাধারণতঃ ফস্‌ফেট বলিয়াই অভিহিত করা হয়।

অর্থো-অ্যাসিডের একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে প্রাইমারী (primary) ফস্‌ফেট, দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে সেকেণ্ডারী (secondary) ফস্‌ফেট ও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইলে টারসিয়ারী (tertiary) ফস্‌ফেট পাওয়া যায়।

প্রাইমারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ হিসাবে নাম করা যায়—

KH_2PO_4, পটাসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট।

$Ca(H_2PO_4)_2$, প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

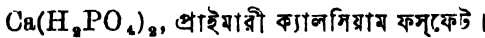
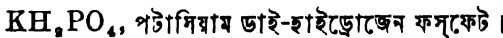
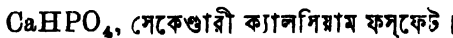
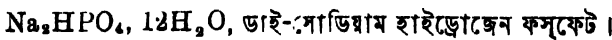
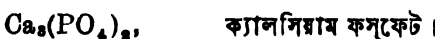
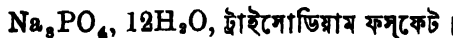
সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ—

$Na_2HPO_4, 12H_2O$, ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট।

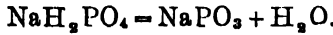
$CaHPO_4$, সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

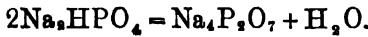
টারসিয়ারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ—

$Na_3PO_4, 12H_2O$, ট্রাইসোডিয়াম ফস্‌ফেট।

$Ca_3(PO_4)_2$, ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

কেবলমাত্র ক্ষার-ধাতুর টারসিয়ারী ফস্‌ফেটগুলি (একমাত্র Li_3PO_4 ছাড়া) জলে দ্রবণীয়। কিন্তু অন্য সমস্ত ধাতুর টারসিয়ারী ফস্‌ফেট জলে অদ্রাব্য, কিন্তু পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। $Ca_3(PO_4)_2 + 6HCl = 3CaCl_2 + 2H_3PO_4$. সোডিয়াম ফস্‌ফেট নামে যাহা পরীক্ষাগারে বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয় তাহা ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট, Na_2HPO_4, $12H_2O$। বস্তুতঃ অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে লিটমাস (Litmus) বা ফিনল-থ্যালিনের (Phenol-phthalein) সাহায্যে তীক্ষ্ণ ক্ষারের দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিলে উহার অণুর দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট উৎপন্ন হয়। কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl-orange)-এর উপস্থিতিতে তীক্ষ্ণ ক্ষারের দ্রবণ দ্বারা প্রশমনের ফলে সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট উৎপন্ন হয়। এই প্রশমন ক্রিয়া 55° সেন্টিগেডে সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়।

বিভিন্ন প্রকারের ফস্‌ফেটের লিটমাসের সহিত ক্রিয়া বিভিন্ন এবং তাহাদের উপর তাপের ক্রিয়াও বিভিন্ন। প্রাইমারী ফস্‌ফেটগুলির আম্লিক গুণ আছে এবং তাহারা তাপে জল ত্যাগ করিয়া মেটা-ফস্‌ফেটে পরিবর্তিত হয়।

$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O.$$

সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটগুলি ক্ষীণ ক্ষারীয় (প্রায় প্রশম) ক্রিয়া দেখাইয়া থাকে এবং উত্তাপে জল ত্যাগ করিয়া পাইরো-ফস্‌ফেটে পরিবর্তিত হয়।

$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O.$$

টারসিয়ারী ফস্‌ফেটগুলির ক্ষারীয় ক্রিয়া দেখা যায় এবং তাপে ইহারা অপরিবর্তিত থাকে। সেকেণ্ডারী সোডিয়াম ফস্‌ফেটে উপযুক্ত পরিমাণ কস্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করিলে টারসিয়ারী সোডিয়াম ফস্‌ফেট (নর্ম্যাল লবণ) পাওয়া যায়।

ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের পরীক্ষাঃ শুষ্ক পরীক্ষাঃ একখণ্ড কয়লার উপর রাখিয়া জারক শিখায় (Oxidising flame) ফস্‌ফেটকে উত্তপ্ত করিয়া পরে ঠাণ্ডা হইলে একফোঁটা খুব পাতলা কোবাল্ট নাইট্রেটের দ্রবণ দিয়া ভিজাইয়া পুনরায় উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফেট নীল হয়।

আর্দ্র পরীক্ষাঃ—(1) অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের বা অর্থো-ফস্‌ফেটের দ্রবণের কয়েক ফোঁটা একটি পরীক্ষানলে লইয়া তাহার সহিত অধিক পরিমাণে

অ্যামোনিয়াম মলিব্‌ডেটের দ্রবণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে বা ঝাঁকাইলে চমৎকার হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনিক অ্যাসিডের বা আর্সেনেটের দ্রবণও উক্তরূপে হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দিয়া থাকে, কিন্তু তাহার জন্য মিশ্রণকে ফুটাইতে হয় এবং অধঃক্ষেপের পরিমাণও কম হয়।

(2) অর্থো-ফস্‌ফেটের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ-বর্ণের অধঃক্ষেপ (সিলভার অর্থো-ফস্‌ফেট) পাওয়া যায়। মেটা-ফস্‌ফেটের ও পাইরো-ফস্‌ফেটের দ্রবণের সহিত সিলভার নাইট্রেট সাদা অধঃক্ষেপ দিয়া থাকে। আর্সেনেটের দ্রবণের সহিত বাদামী রংএর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং ফস্‌ফেট ও আর্সেনেট সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের সাহায্যে সহজেই চিনিতে পারা যায়।

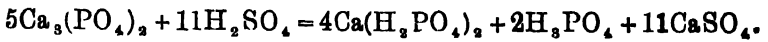
(3) ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ (Magnesia mixture, যাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া মিশ্রিত থাকে) অর্থো-ফস্‌ফেটের দ্রবণে যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেটের ($MgNH_4PO_4, 6H_2O$) সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনেটের সহিতও ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম আর্সেনেটের ($MgNH_4AsO_4$) সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। কাজেই ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ দিয়া ফস্‌ফেট ও আর্সেনেটের পার্থক্য বুঝা যায় না।

দ্রষ্টব্য ঃ ডিমের সাদা অংশ (যাহাতে আলবুমিন থাকে) যোগ করিলে একমাত্র মেটা-ফস্‌ফেটের দ্রবণেই আলবুমিনের তঞ্চন (Coagulation) হয়। অন্য দুই প্রকার ফস্‌ফেটের দ্রবণের সহিত আলবুমিনের কোন পরিবর্তন হয় না।

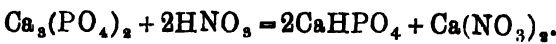
কৃত্রিম ফস্‌ফেট সার ঃ প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌ মাত্রেরই অস্তিত্ব ও দেহগঠনে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয় মৌলই নিতান্ত প্রয়োজন। উদ্ভিদ মাটি হইতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস-ঘটিত খাদ্য গ্রহণ করে এবং তাহাদের ফলমূল ও বীজে সাধারণতঃ তাহাদের এই খাদ্য হইতে জীবজগতের উপযোগী নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস-ঘটিত খাদ্য তৈয়ারী করিয়া সঞ্চিত করে। পরে এই সমস্ত ফলমূল ও বীজ দ্বারা জীবজগৎকে এই খাদ্য তাহারা পরিবেশন করে। তবে মানুষ ও অন্যান্য মাংসাশী প্রাণী দুধ, ডিম, মাছ, মাংস প্রভৃতি প্রাণিজাত দ্রব্য হইতেও নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস-ঘটিত খাদ্য সংগ্রহ করিয়া থাকে। নাইট্রোজেন-ঘটিত যৌগ যেভাবে জমিতে স্বাভাবিক উপায়ে ও কৃত্রিমভাবে সরবরাহ হয়, সে সম্বন্ধে বিশদভাবে পূর্বেই

আলোচনা করা হইয়াছে (পৃঃ ৭১-৭২ দেখ)। যেভাবে জমিতে ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগ স্বাভাবিক উপায়ে আসে বা কৃত্রিম উপায়ে সরবরাহ করা হয় এখন তাহাই আলোচিত হইবে। ফস্‌ফোরাইট, অ্যাপেটাইট প্রভৃতি খনিজের কিঞ্চিৎ পরিমাণ মাটির সহিত মিশ্রিত হইয়া থাকে। এই ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগের পরিমাণের উপর জমির উর্বরতা বিশেষভাবে নির্ভর করে। ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগসমূহ যে জমিতে না থাকে, সে জমিতে ফসল উৎপাদন করা সম্ভব হয় না। আবার ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগসমূহ অহরহ উদ্ভিদসমূহ দ্বারা জমি হইতে অপসারিত হইতেছে। যে সকল উদ্ভিদ ও প্রাণী জমির ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগসমূহ এইভাবে অপসারিত করে, উহারা যদি সেই জমিতেই থাকিয়া ধ্বংস প্রাপ্ত হইত, তাহা হইলে অবশ্য জমির ফস্‌ফোরাসের কোন ক্ষয় হইত না। কিন্তু বর্তমান যুগে ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাপে মানুষ একই জমিতে পুনঃপুনঃ প্রচুর শস্য উৎপাদন করিয়া স্থানান্তরে প্রাণিজগতের ব্যবহারের জন্য প্রেরণ করে। ফলে জমির শস্য-উৎপাদন ক্ষমতা ক্রমশঃ কমিয়া যায়। প্রাণিদেহ হইতে মলমূত্রের সঙ্গে অনেকটা নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগ বহির্গত হয় বটে, কিন্তু বর্তমান সভ্যতার ব্যবস্থা অনুসারে তাহা জমিতে প্রয়োগ না করিয়া ধুইয়া সমুদ্রের জলে ছাড়িয়া দেওয়া হয়। জমির এই সারদ্রব্যের ক্ষয় প্রাকৃতিক উপায়ে পূরণ করা যায় না। তাই জমিতে কৃত্রিম ফস্‌ফেট সার দেওয়ার প্রয়োজন হয় এবং সেই সমস্ত সারের প্রয়োগ দ্বারা জমির উৎপাদিকা-শক্তি বৃদ্ধি করা হয়। সাধারণতঃ দ্রবণীয় ফস্‌ফেট-সার হইতেই উদ্ভিদ ফস্‌ফোরাস গ্রহণ করে। সেইজন্য খনিজ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট প্রয়োগে উর্বরাশক্তি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় না, তাহাকে দ্রবণীয় ফস্‌ফেটে রূপান্তরিত করিয়া জমিতে প্রয়োগ করিতে হয়। ফস্‌ফেট-ঘটিত কয়েকটি সার যাহা সাধারণতঃ ব্যবহৃত হইয়া থাকে তাহা অস্থিচূর্ণ, স্টীল (steel) বা ইস্পাত-চুল্লীর ক্ষারীয় ধাতুমল (basic slag), ও গুয়ানো (Guiano) নামক সার (ইহা সামুদ্রিক পক্ষীর মল)। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বর্তমানে 'সুপার ফস্‌ফেট' (superphosphate of lime) সার ব্যবহার করা হয়। ইহা জলে দ্রবণীয় এবং সেই কারণে ইহা উদ্ভিদের পক্ষে সহজে গ্রহণযোগ্য। শস্য-উৎপাদনে সার হিসাবে ইহার চাহিদা খুব বেশী এবং সেইজন্য ইহার শিল্প-উৎপাদন রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে সর্বত্র প্রচলিত হইয়াছে। সুপার ফস্‌ফেট প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট, নিরুদক ক্যালসিয়াম সলফেট এবং ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ।

সুপার ফস্ফেট অফ লাইমের (Super phosphate of lime) পণ্য উৎপাদন : ঘূর্ণায়মান পাখাযুক্ত ঢালাই লোহার সিলিণ্ডারে (cylinder) খনিজ ফস্ফোরাইটের গুঁড়া ও সলফিউরিক অ্যাসিড (ঘনাঙ্ক 1·5) মিশাইলে পাখার ঘূর্ণনে সুষ্ঠুভাবে বিক্রিয়া হয় এবং মিশ্রণটি তরল অবস্থায় থাকে। তখন ঐ তরল মিশ্রণটিকে একটি সিমেণ্ট-নির্মিত গর্তে ফেলিয়া গর্ত অর্ধেক ভর্তি করিয়া ঢাকনা দিয়া গর্তটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। মিশ্রণটি উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং নানাবিধ গ্যাসীয় পদার্থ (যথা, CO_2, SiF_4, HF ও HCl) উদ্ভূত হয় এবং ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া স্তম্ভে (tower) শোষিত হয়। দুই-এক দিন পরে গর্ত হইতে সুপার ফস্ফেট বাহির করিয়া আনিয়া চূর্ণ করা হয় এবং ইঁটের তৈয়ারী বড় ঘরে গরম বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া ড্রামে (drum) ভর্তি করা হয়। এই ভাবেই ইহাকে সাররূপে বাজারে বিক্রয় করা হয়।

$$5Ca_3(PO_4)_2 + 11H_2SO_4 = 4Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_3PO_4 + 11CaSO_4.$$

এই সুপার ফস্ফেটই উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য সার হিসাবে জমিতে প্রয়োগ করিয়া জমির উর্বরাশক্তি বৃদ্ধি করা হয়। আবার নাইট্রোজেন ও ফস্ফোরাস একই সারে বর্তমান থাকিলে তাহাই সর্বোৎকৃষ্ট সার হিসাবে গণ্য করা হয় এবং এইরূপ সারও বাজারে পাওয়া যায়। এই সকল সারের মধ্যে (1) নাইট্রেটেড সুপার ফস্ফেট এবং (2) অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্ফেট উল্লেখযোগ্য।

(1) নাইট্রেটেড সুপার ফস্ফেট (Nitrated Super phosphate) : খনিজ ফস্ফোরাইট ও তাহার ওজনের এক-তৃতীয়াংশ নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে বিক্রিয়া ঘটিয়া সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফস্ফেট ও ক্যালসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ইহা সাধারণ সুপার ফস্ফেট অপেক্ষা সার হিসাবে অধিক কার্যকরী।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = 2CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2.$$

(2) অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্ফেট (Ammoniated Super-phosphate) : সাধারণ সুপার ফস্ফেটের সহিত অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশাইলে এই সার পাওয়া যায়।

কৃত্রিম সার উপযুক্ত পরিমাণে জমিতে প্রয়োগ করিতে হয়। সারের পরিমাণ বেশী হইলে ফসলের ক্ষতি হইবার সম্ভাবনা।

27 মণ গম উৎপাদনের জন্য প্রায় $8\frac{1}{2}$ সের ফস্ফোরাসের প্রয়োজন হয়।

আরসেনিক, আরসেনাইট ও আরসেনেট
(Arsenic) (Arsenite) (Arsenate)

আরসেনিক (Arsenic) একটি মৌলিক পদার্থ। ইহার সংকেত As এবং ইহার পারমাণবিক ওজন 75। ইহা নাইট্রোজেন পরিবারভুক্ত মৌল। ইহা পর্যায় সারণীতে পঞ্চম শ্রেণীর B উপশ্রেণীর অন্তর্গত। আরসেনিক যদিও নাইট্রোজেনের মত অধাতু, কিন্তু ইহার ধাতুর মত কতকগুলি ধর্ম দেখা যায়। সেইজন্য আরসেনিককে অর্ধ-ধাতু (metalloid) বলা হয়। নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাসের মত ইহার যোজন ক্ষমতাও তিন ও পাঁচ।

নাইট্রোজেন, ফস্‌ফোরাস ও আরসেনিকের তুলনামূলক বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(1) নাইট্রোজেন গ্যাসীয়, ফস্‌ফোরাস ও আরসেনিক কঠিন পদার্থ।

(2) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস অধাতু কিন্তু আরসেনিকের কিছু ধাতব ধর্ম আছে।

(3) ইহারা সকলেই হাইড্রাইড গঠন করে। হাইড্রাইডগুলির সংকেত একই রকমের, যথা, NH_3, PH_3 ও AsH_3। ইহাদের মধ্যে অ্যামোনিয়া (NH_3) অধিক সুস্থিত, ফস্‌ফিন্ (PH_3) মাঝারি রকমের সুস্থিত এবং আরসিন্ (AsH_3) কম সুস্থিত। অন্য দিকে, অ্যামোনিয়া ক্ষারীয় (alkaline) ধর্মবিশিষ্ট এবং জলে খুবই দ্রাব্য ; ইহা যে-কোন অম্লের সহিত লবণ উৎপাদন করে! ফস্‌ফিন্ সামান্য রকম ক্ষারকীয় (basic) ধর্মবিশিষ্ট, কিন্তু ক্ষারীয় (alkaline) নহে এবং জলে অদ্রাব্য ; ইহা কেবলমাত্র হ্যালোজেন-ঘটিত অ্যাসিডের সহিত লবণ গঠন করে। আরসিনের ক্ষারীয় (alkaline) বা ক্ষারকীয় (basic) কোন ধর্মই নাই এবং ইহা জলে অদ্রাব্য।

(4) ইহারা সকলেই একাধিক অক্সাইড গঠন করে। এই অক্সাইডগুলির সংকেত একই প্রকার ; যথা, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5 ; P_2O_3, P_2O_4, P_2O_5, As_2O_3, As_2O_5। নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাসের যে অক্সাইডগুলি উল্লেখ করা হইয়াছে তাহারা সকলেই আম্লিক (acidic) এবং জলের সহিত দ্রুত ক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড উৎপাদন করে। আরসেনিকের অক্সাইড দুইটিও আম্লিক এবং তাহারা জলের সহিত ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড (আরসেনিয়াস্ ও আরসেনিক

অ্যাসিড) উৎপন্ন করে। কিন্তু আরসেনিকের অক্সাইড দুইটির কিছু ক্ষারকীয় (basic) ধর্মও আছে।

(5) ইহারা সকলেই ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া একই প্রকার সংকেতবিশিষ্ট ক্লোরাইড গঠন করে। নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড, NCl_3, অতিশয় দুঃস্থিত যৌগ; ফস্‌ফোরাস ট্রাই-ক্লোরাইড (PCl_3) তাহা অপেক্ষা সুস্থিত এবং আরসেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড, $AsCl_3$ সুস্থিত যৌগ। নাইট্রোজেনের পেণ্টা-ক্লোরাইড জানা নাই, কিন্তু ফস্‌ফোরাসের পেণ্টা-ক্লোরাইড, PCl_5, এবং আরসেনিকের পেণ্টা-ক্লোরাইড, $AsCl_5$, জানা আছে।

আরসেনিক মৌল ও তাহা হইতে উৎপন্ন লবণ উভয়ই বিষাক্ত। আরসেনিক মৌল পাইতে হইলে ধাতুনিষ্কাশনের প্রণালী অনুসারে ইহার অক্সাইডকে কাঠ-কয়লার গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিতে হয়।

$$As_2O_3 + 3C = 2As + 3CO.$$

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, আরসেনিকের দুইটি অক্সাইড হইতে দুই প্রকার অ্যাসিড উৎপাদন করা যায়; যথা, আরসেনিয়াস্‌ অ্যাসিড ও আরসেনিক অ্যাসিড। আরসেনিয়াস্‌ অ্যাসিডের লবণকে বলে আরসেনাইট এবং আরসেনিক অ্যাসিডের লবণকে বলে আরসেনেট। সোডিয়াম আরসেনাইটের সংকেত Na_3AsO_3 (ফস্‌ফাইটের সহিত সাদৃশ্যযুক্ত) এবং সোডিয়াম আরসেনেটের সংকেত Na_3AsO_4 (ফস্‌ফেটের সহিত সাদৃশ্যযুক্ত এবং ফস্‌ফেটের যে সমস্ত পরীক্ষার কথা বলা হইয়াছে সে সমস্তই আরসেনেটেও প্রযোজ্য—১০২ পৃঃ দেখ)।

আরসেনাইট (Arsenite) ও আরসেনেটের (Arsenate) ব্যবহার : —আরসেনাইট ও আরসেনেট লবণ বিষাক্ত বলিয়া বীজাণু ও কীটাণুনাশক রাসায়নিক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সবুজ বর্ণের কিউপ্রিক আরসেনাইট ($CuHAsO_3$, Scheele's Green) কীটাণুনাশকরূপে ও রঞ্জক (pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। প্যারিস গ্রীন (Paris Green) নামে আর-একটি উজ্জ্বল সবুজ পদার্থ—যাহা কিউপ্রিক আরসেনাইট ও কিউপ্রিক অ্যাসিটেটের মিশ্রণে তৈয়ারী—কীটাণুনাশকরূপে ও তৈলচিত্রে বা জলচিত্রে রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়। কৃষিক্ষেত্রে আগাছা নির্মূল করার জন্য সোডিয়াম আরসেনাইট (Na_3AsO_3) এবং লেড আরসেনেট [$Pb_3(AsO_4)_2$] ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। সাধারণ

সোডিয়াম আরসেনেট ($Na_2HAsO_4, 12H_2O$) বস্ত্রশিল্পে এবং ক্যালিকো প্রিন্টিংএর (Calico printing) কাজে ছাপা ছিট উৎপাদন করিতে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. Give a comparative account of the properties of nitrogen and phosphorus, showing that they belong to the same family.

১। নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাসের রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা-দ্বারা দেখাও যে তাহারা একই পরিবারভুক্ত মৌল।

2. Name with formulae the important naturally-occurring compounds of phosphorus. Describe how the manufacture of phosphorus is carried out by the application of electricity. Explain the reactions by equations. State the properties and uses of phosphorus.

২। ফস্‌ফোরাসের প্রধান প্রধান প্রাকৃতিক যৌগসমূহের সংকেত-সহকারে নাম উল্লেখ কর। বৈদ্যুতিক শক্তিপ্রয়োগে কিভাবে অধিক পরিমাণে ফস্‌ফোরাস উৎপাদিত হয় তাহা বর্ণনা কর। বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ-সহকারে বুঝাইয়া দাও। ফস্‌ফোরাসের ধর্ম ও ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

3. What are the allotropic modifications of phosphorus? Describe the method of preparation of red phosphorus from white phosphorus.

৩। ফস্‌ফোরাসের রূপভেদ কয়টি? সাদা ফস্‌ফোরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফোরাসের উৎপাদন-পদ্ধতি বর্ণনা কর।

4. Starting from phosphorus, describe the methods of preparation of phosphorus tri-oxide, phosphorus pentoxide and orthophosphoric acid.

৪। ফস্‌ফোরাস হইতে ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড, ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড এবং অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতের প্রণালীসমূহ বর্ণনা কর।

5. Describe the process of manufacture of phosphorus. How can white phosphorus be converted into red phosphorus? Give a comparative account of the properties of white and red phosphorus.

৫। ফস্‌ফোরাসের পণ্য-উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর। শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে কিভাবে লোহিত ফস্‌ফোরাসে পরিবর্তিত করা যায়? শ্বেত এবং লোহিত ফস্‌ফোরাসের ধর্মগুলির তুলনামূলক আলোচনা কর।

*6. Describe the following reactions with equations ;—(*a*) white phosphorus is heated with caustic soda solution ; (*b*) red phosphorus

is heated with concentrated nitric acid ; (c) chlorine gas is passed through water in which white phosphorus is placed ; (d) water is added drop by drop on a mixture of red phosphorus and iodine.

৬। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর :—(ক) শ্বেত ফস্‌ফোরাসের সহিত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল ; (খ) লোহিত ফস্‌ফোরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল ; (গ) শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে জলের ভিতর রাখিয়া তাহার উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হইল ; (ঘ) লোহিত ফস্‌ফোরাসের সহিত আয়োডিন মিশাইয়া সেই মিশ্রণের উপর জল ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করা হইল।

7. Describe, with equations, the action of (a) cold water and (b) hot water on phosphorus tri-oxide.

৭। ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইডের উপর (ক) শীতল জলের এবং (খ) গরম জলের বিক্রিয়া সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

8. What is a 'cold flame'? Describe how it is generated.

৮। 'শীতল শিখা' কাহাকে বলে। ইহা কিভাবে উৎপন্ন হয় তাহা বর্ণনা কর।

9. Write, with formulae, the different types of phosphates that are met with. What is 'superphosphate of lime'? Describe the method of manufacture of superphosphate of lime and state its use,

৯। ফস্‌ফেট্ কয় প্রকারের হইয়া থাকে তাহা সংকেত-সহকারে লিখিয়া দেখাও। 'সুপারফস্‌ফেট অফ লাইম' কাহাকে বলে ? সুপারফস্‌ফেট অফ লাইমের পণ্য উৎপাদন-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

10. State exhaustively the proofs that point to arsenic being a member of the nitrogen family. What are arsenites and arsenates? State exactly the uses of arsenites and arsenates.

১০। আরসেনিক যে নাইট্রোজেন পরিবারের সভ্য তাহার প্রমাণগুলি বিশদভাবে উল্লেখ কর। আরসেনাইট ও আরসেনেট কাহাকে বলে এবং ইহাদের কোন্ কোন্ কার্যে ব্যবহার করা হয় তাহা যথাযথভাবে বর্ণনা করে।

11. Fit in exactly the statements in column I with the statements in column II :—

Column I	*Column II*
(i) White phosphorus is	(i) insoluble in carbon disulphide.
(ii) Phosphorus trioxide	(ii) does not react with hot water.
(iii) Red phosphorus	(iii) soluble in carbon disulphide.
(iv) Phosphorus hydride or phosphine	(iv) reacts with hot water with the production of phosphoric acid.

১১। নিম্নে প্রথম স্তম্ভে লিখিত উক্তিগুলির সহিত দ্বিতীয় স্তম্ভে উল্লিখিত উক্তিগুলি সঠিকভাবে যোগ কর :—

প্রথম স্তম্ভ	দ্বিতীয় স্তম্ভ
(*i*) শ্বেত ফস্‌ফোরাস	(*i*) কার্বন ডাই-সলফাইডে অদ্রবণীয়।
(*ii*) ফস্‌ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড	(*ii*) গরম জলের সহিত বিক্রিয়া করে না।
(*iii*) লোহিত ফস্‌ফোরাস	(*iii*) কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রবণীয়।
(*iv*) ফস্‌ফোরাস হাইড্রাইড বা ফস্‌ফিন্	(*iv*) গরম জলের সহিত বিক্রিয়াদ্বারা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

12. Describe briefly how the following substances are prepared : (*a*) orthophosphoric acid from bone ash, (*b*) red phosphorus from white phosphorus.

১২। (ক) অস্থিভস্ম হইতে অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড এবং (খ) শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফোরাস কি ভাবে প্রস্তুত করা যায় তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

13. How is white phosphorus obtained from a mineral containing calcium phosphate ? Starting with white phosphorus, how would you prepare (a) red phosphorus (*b*) phosphorus pent-oxide and (*c*) orthophosphoric acid.

১৩। ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট-ঘটিত খনিজ হইতে কিভাবে শ্বেত ফস্‌ফোরাস পাওয়া যাইতে পারে? শ্বেত ফস্‌ফোরাস লইয়া তাহা হইতে কিভাবে (ক) লোহিত ফসফোরাস, (খ) ফস্‌ফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড এবং (গ) অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবে?

14. What are (*a*) bone black, (*b*) bone ash? Starting from bone ash describe how you would prepare (*a*) orthophosphoric acid, (*b*) white phosphorus. What is superphosphate of lime and what is its use ?

১৪। (ক) বোন ব্ল্যাক এবং (খ) অস্থিভস্ম কি পদার্থ? অস্থিভস্ম হইতে কি উপায়ে (ক) অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড এবং (খ) শ্বেত ফস্‌ফোরাস উৎপাদন করিবে তাহা বর্ণনা কর। সুপার ফস্‌ফেট অফ লাইম কি জিনিস এবং তাহার ব্যবহার কি?

বিংশ অধ্যায়

কার্বন ও ইহার অক্সাইড

(Carbon and its Oxides)

কার্বন

সংকেত C, পারমাণবিক ওজন 12।

অবস্থান ঃ—মুক্ত অবস্থায় কার্বন প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহা হীরক (diamond) ও গ্র্যাফাইট (graphite) রূপে স্ফটিকাকারে (crystalline) এবং কয়লাতে (coal) অনিয়তাকারে (amorphous) পাওয়া যায়। কয়লা সম্পূর্ণরূপে কার্বনদ্বারা গঠিত নয়, তাহাতে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, সলফার প্রভৃতি মৌলও থাকে এবং অনেক জৈব যৌগও থাকে।

যুক্ত অবস্থায় প্রাণী ও উদ্ভিদজগতে ইহা প্রচুর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার হাইড্রোজেন-যৌগ হাইড্রোকার্বনরূপে পেট্রোলিয়ামে ও মার্শগ্যাসে, ইহাকে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় জীবদেহের প্রোটিনে, কার্বোহাইড্রেটে (কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ) ও অন্যান্য জৈব পদার্থে দেখিতে পাওয়া যায়। কার্বনেটরূপে খনিজ চুনাপাথরে ও মার্বেল পাথরে ($CaCO_3$) এবং ডলোমাইটে ($MgCO_3$, $CaCO_3$) ইহাকে দেখা যায়। বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনের একটি প্রাকৃতিক যৌগ। কার্বনের যৌগের সংখ্যা এত অধিক যে, তাহাদের বিষয় রসায়নের একটি নূতন শাখার জৈব (Organic) **রসায়ন** নাম দিয়া তাহাতে আলোচিত হয়।

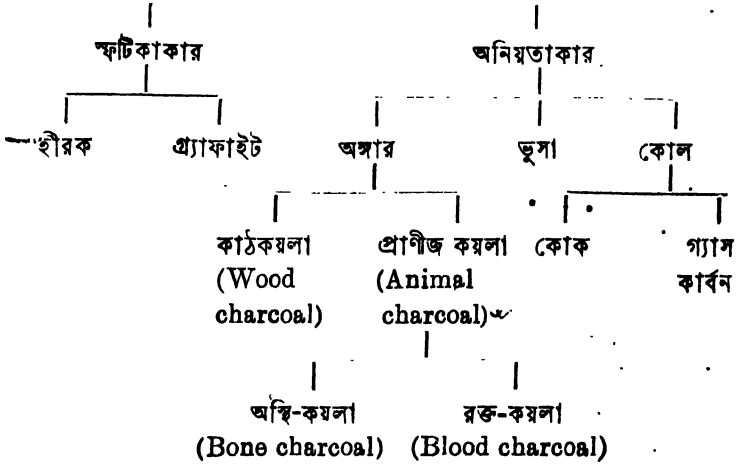
কার্বন প্রধানতঃ কয়লা ও উদ্ভিদ হইতে পাওয়া যায়। শুষ্ক উদ্ভিদের দেহে প্রায় শতকরা 50 ভাগ কার্বন থাকে। পূর্ব পূর্ব যুগে ভূমিকম্প ও অন্যবিধ আলোড়নের ফলে দীর্ঘ বনানী তাহার উদ্ভিদ-সম্পদসহ মাটির নীচে চলিয়া গিয়াছিল। সেই উদ্ভিদসমূহ পৃথিবীর অভ্যন্তরস্থ তাপে ও ভূপৃষ্ঠের চাপে কার্বনে রূপান্তরিত হইয়াছে। এই কার্বনে রূপান্তর ধাপে ধাপে সংঘটিত হয়। প্রথম ধাপে পিট (peat) কয়লার গঠন হয়। ইহাতে প্রায় শতকরা 68 ভাগ কার্বন থাকে। দ্বিতীয় ধাপে উদ্ভিদদেহ অনেক দিন ধরিয়া মাটির নীচে থাকার ফলে তাহার উপর

পচনক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং লিগনাইট (lignite) কয়লা গঠিত হয়। লিগনাইটে প্রায় শতকরা 66 ভাগ কার্বন থাকে। তাহার পরের ধাপে মাটির বহু নীচে থাকায় যুগ যুগ ধরিয়া উচ্চ চাপে এবং অধিক তাপে উদ্ভিদদেহের যে পরিবর্তন সাধিত হয় তাহার ফলে প্রথমে বিটুমিনাস কয়লা (bituminous coal) এবং সর্বশেষ এ্যানথ্রাসাইট কয়লা (anthracite coal) উদ্ভূত হয়। বিটুমিনাস্ কয়লা নরম এবং ইহাতে শতকরা 48—88 ভাগ কার্বন থাকে। ইহা ছাড়া ইহাতে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও সলফার থাকে। এই কয়লাই কোল গ্যাস (coal gas) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। অ্যানথ্রাসাইট কয়লা খুব শক্ত এবং ইহাতে শতকরা 94 ভাগ কার্বন থাকে।

কার্বনের বহুরূপতা ও রূপভেদ ঃ

কোন কোন মৌলিক পদার্থ প্রকৃতিতে বিভিন্ন রূপে দেখা যায়।

বহুরূপতা (Allotropy) ঃ—একই মৌলিক পদার্থ অনেক সময় একাধিকরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। মৌলের এই বিভিন্ন রূপের বিভিন্ন ধর্ম দেখা যায়। বিভিন্ন রূপের ভিতর ভৌতিক ধর্মে সম্পূর্ণ পার্থক্য থাকে এবং রাসায়নিক ধর্মে কিছু কিছু পার্থক্য দেখা যায়। মৌলের এই স্বভাবকে বলা হয় বহুরূপতা (allotropy) এবং মৌলের কম সাধারণ রূপকে সাধারণ রূপের **রূপভেদ** (allotrope) বলে। ওজোন অক্সিজেনের রূপভেদ। কার্বন, সলফার ও ফসফোরাসএর মধ্যেও এই প্রকার রূপভেদ দেখিতে পাওয়া যায়। বহুরূপতার কারণ অনুসন্ধান করিলে দেখা যায় যে, মৌলের এই ধর্ম (1) কেলাসনের পদ্ধতির পার্থক্য, (2) অণুতে পরমাণুর সংখ্যার তারতম্য বা পরমাণুর ব্যবস্থাপনার পার্থক্য, অথবা (3) শক্তির (energy) পরিমাণের পার্থক্য হইতে উদ্ভূত হয়।

কার্বনের রূপভেদ ঃ—মৌলিক পদার্থ কার্বন প্রকৃতিতে মূলতঃ দুই ভাবে দেখিতে পাওয়া যায়; যথা, **স্ফটিকাকারে** ও **অনিয়তাকারে**। আবার কার্বনের স্ফটিকাকার রূপ দুই পদার্থে দেখা যায়, (1) **হীরক** বা **ডায়মণ্ড (Diamond)** ও (2) **গ্রাফাইট (Graphite)**। অনিয়তাকার কার্বনের রূপভেদের নাম—(1) সাধারণ **অঙ্গার** বা **চারকোল (charcoal)**, (2) **ঝুল, ভুসা** বা **ল্যাম্প ব্ল্যাক (lamp-black)**, (3) **কয়লা** বা **কোল (coal)**, (4) **কোক (coke)** এবং (5) **গ্যাস কার্বন (Gas carbon)**।

এই সমস্ত কয়টি রূপভেদ মূলতঃ কার্বন। অনেকে মনে করেন যে পাথুরে কয়লা বা কোল সমস্বত্ব (homogeneous) পদার্থ নহে। ইহাতে কিছুটা কার্বন মুক্ত অবস্থায় আছে মাত্র। সেইজন্য পাথুরে কয়লাকে কার্বনের বহুরূপ বলিয়া গণ্য করা হয় না।

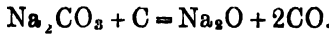
স্ফটিকাকার কার্বনঃ—(1) **হীরক**ঃ হীরক খনিজ হিসাবে দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, ভারত ও রাশিয়ার ইউরাল পর্বতমালা ও যুক্তরাষ্ট্রে পাওয়া যায়। তবে পৃথিবীর অধিকাংশ হীরক দক্ষিণ আফ্রিকা হইতে আসিয়া থাকে। সাধারণতঃ হীরকের বর্ণ ঈষৎ হরিদ্রাভ হয়। তবে সময় সময় ইহা নীলাভ, রক্ত বর্ণাভ, সবুজ আভাবিশিষ্ট বা কালো বর্ণের হয়; তখন ইহাতে নানা প্রকার অশুদ্ধি বর্তমান থাকে। কালো রংএর হীরককে কারবোনেডো (carbonado) বা বোয়ার্ট (boart) বলে। এই কালো হীরকের রত্ন হিসাবে কোন দাম নাই। দক্ষিণ আফ্রিকায় হীরকের খনিতে হীরক পাথরের সহিত মিশিয়া থাকে। খনি হইতে তুলিয়া পাথরের টুকরাগুলিকে জলবাতাসে ফেলিয়া রাখা হয়। তাহাতে বড় টুকরাগুলি ভাঙ্গিয়া ছোট টুকরায় পরিবর্তিত হয়। এই ছোট টুকরাগুলি পরে যন্ত্রের সাহায্যে আরও ছোট টুকরায় ভাঙ্গিয়া জলের সহিত মিশাইয়া চর্বি-মাখানো টেবিলের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভারী হীরকের

টুকরাগুলি জলের নীচে থিতাইয়া যায় এবং চর্বিতে আটকাইয়া টেবিলের উপর থাকিয়া যায়। হীরকের স্ফটিকগুলি অষ্টতলবিশিষ্ট (octahedral) হয়। সাধারণতঃ স্ফটিকগুলি খুবই ছোট হয় তবে কখন কখন খুব বড় হীরকও দেখিতে পাওয়া যায়, যেমন, কোহিনুর (186 ক্যারেট ওজনের), হোপ (44·5 ক্যারেট ওজনের), কুলিয়ান (3032 ক্যারেট ওজনের), পিট (186·2 ক্যারেট ওজনের) ইত্যাদি। হীরকের ওজন ক্যারেট হিসাবে হইয়া থাকে। আমাদের দেশে কুঁচের ওজন এই ক্যারেট ওজন। এক ক্যারেট = 0·2 গ্রাম। বিশুদ্ধ হীরক অতিশয় স্বচ্ছ এবং বর্ণহীন এবং এই বর্ণহীন ও স্বচ্ছতার উপরেই হীরকের মুল্য নির্ভর করে। হীরকের টুকরাগুলিকে ভালভাবে কাটার উপরেই ইহার উজ্জ্বলতা নির্ভর করে। একমাত্র হল্যাণ্ডে এই হীরক কাটার ব্যবসা প্রচলিত আছে।

কৃত্রিম হীরক :—ফরাসী বিজ্ঞানী ময়সঁা 1893 খ্রীষ্টাব্দে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন। তিনি নিজের উদ্ভাবিত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 3000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় লৌহ গলাইয়া সেই গলিত লৌহে খানিকটা চিনি হইতে উৎপন্ন অঙ্গার (sugar charcoal) দ্রবীভূত করেন এবং এই দ্রবীভূত মিশ্রণকে সহসা 327° সেন্টিগ্রেড উত্তাপবিশিষ্ট তরল সীসার মধ্যে ডুবাইয়া দিয়া তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করেন। এইভাবে তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করার ফলে উপরের লৌহ কঠিন হইয়া ভিতরের কার্বনের উপর প্রচণ্ড চাপ দেয়। ইহাতে দ্রবীভূত কার্বনের কতক অংশ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকখণ্ডে এবং গ্র্যাফাইটে কেলাসিত হয়। সম্পূর্ণরূপে শীতল হওয়ার পর লৌহখণ্ডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া দ্রবীভূত করিলে যে সামান্য অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাতে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কৃত্রিম হীরকের স্ফটিক পাওয়া যায়। কিন্তু প্রাকৃতিক হীরক অপেক্ষা এই হীরকের দাম বেশী পড়ায় এই পদ্ধতির প্রচলন হয় নাই।

হীরকের ধর্ম :—বিশুদ্ধ হীরক বর্ণহীন, স্বচ্ছ, কেলাসিত, কঠিন। ইহার কাঠিন্য সকল পদার্থ অপেক্ষা বেশী। কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে হীরকই সর্বাপেক্ষা ভারী, ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 3·5। ইহার প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) খুব বেশী। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী। আসল হীরকের ভিতর দিয়া রঞ্জনরশ্মি (X-rays) চলিয়া যাইতে পারে, কিন্তু নকল হীরকের (যাহা কাচ হইতে তৈয়ারী) ভিতর দিয়া রঞ্জনরশ্মি যাইতে পারে না। এই পরীক্ষাদ্বারা

আসল হীরক চেনা যায়। রাসায়নিক বিকারক-দ্বারা হীরক সাধারণতঃ আক্রান্ত হয় না। ইহা অ্যাসিড, ক্ষার, ক্লোরিণ বা পটাসিয়াম ক্লোরেটদ্বারা আক্রান্ত হয় না। কিন্তু ধীরে ধীরে উত্তাপ দিয়া উচ্চ উষ্ণতায় লইয়া গেলে ইহা ফুলিয়া উঠে এবং কালো কয়লায় রূপান্তরিত হয়। অধিক উষ্ণতায় বায়ুতে বা বিশুদ্ধ অক্সিজেনে ইহাকে উত্তপ্ত করিলে ইহা পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ও ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত হীরককে উত্তপ্ত করিলে ধীরে ধীরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ইহার বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

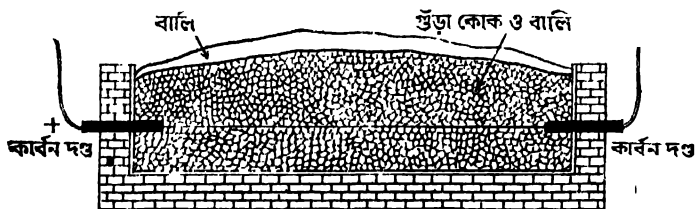
$$Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO.$$

হীরকের ব্যবহার ঃ—হীরকের অধিকাংশই রত্নরূপে ব্যবহৃত হয়। কিছু হীরক তাহার সুউচ্চ কাঠিন্যের জন্য কাচ কাটিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। হীরকচূর্ণ পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়। কার্বনেডো এবং বোয়ার্ট কালো হীরক, সেইজন্য রত্ন হিসাবে তাহা ব্যবহৃত হয় না, তবে পাথর কাটিবার যন্ত্রে ও পালিশের কার্যে ঐগুলি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

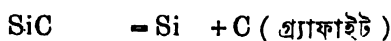
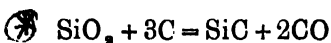
(2) গ্র্যাফাইট ঃ—গ্র্যাফাইট নামটি গ্রীক 'গ্র্যাফো' (*grapho*) এই শব্দটি হইতে আসিয়াছে। গ্র্যাফো কথাটির ইংরাজী প্রতিশব্দ হইল I write—"যে লেখে"। কাগজের উপর ঘসিলে উহা দাগ কাটিতে পারে বলিয়া এই নাম উহাকে দেওয়া হইয়াছে। যে সমস্ত সাধারণ 'সীস পেনসিল' (Lead pencil) বা কাঠের পেনসিল বাজারে পাওয়া যায় তাহাতে কোন সীসা থাকে না, উহার ভিতর যাহা দিয়া লেখা হয় তাহা গ্র্যাফাইট-কার্বন।

গ্র্যাফাইট খনিজ হিসাবে সিংহল, সাইবেরিয়া, যুক্তরাষ্ট্র ও ইতালিতে পাওয়া যায়। খনিজের নাম প্লামবেগো (Plumbago) এবং কালো ষট্‌কোণী (hexagonal) স্ফটিকাকারে ইহা খনিজের ভিতর থাকে। ইহা বিভিন্ন প্রয়োজনে অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয় এবং সেই কারণে খনিজ হিসাবে পাওয়া গেলেও ইহার পণ্য উৎপাদন প্রয়োজন হয়।

গ্র্যাফাইটের পণ্য উৎপাদন ঃ—কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতের প্রণালী বর্ণনাকালে বলা হইয়াছে যে, বেশীর ভাগ চিনির অঙ্গার গ্র্যাফাইটে রূপান্তরিত হয়। তাই কয়লার বা কোকের গুঁড়া ও লোহাকে তড়িৎচুল্লীতে 3000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত

করিয়া সহসা ঠাণ্ডা করিলে গ্র্যাফাইট উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডদ্বারা লোহা গলাইয়া অপসারিত করিলে গ্র্যাফাইট পাওয়া যায়।

চিত্র নং 22

অ্যাকেসন পদ্ধতি (Acheson Process) ঃ—নায়েগ্রা জলপ্রপাতের নিকট অল্পব্যয়ে তড়িৎ উৎপন্ন করা সম্ভব হওয়ায় সেখানে এই পদ্ধতিতে গ্র্যাফাইটের পণ্য উৎপাদন সম্ভব হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টকনির্মিত একটি প্রকাণ্ড চুল্লীতে বালি (সিলিকা, SiO_2) এবং গুঁড়া কোকের মিশ্রণে দুইটি গ্র্যাফাইট কার্বনের দণ্ড প্রবেশ করান থাকে। উক্ত গ্র্যাফাইট কারবনের দণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণে উচ্চ ভোল্টে তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া মিশ্রণকে 24 হইতে 36 ঘণ্টা পর্যন্ত অতি উচ্চ উষ্ণতায় (প্রায় 4000° সেন্টিগ্রেড) উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণের উপর বালির স্তূপদ্বারা ঢাকা দেওয়া থাকে। প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সিলিকন কার্বাইড (SiC) উৎপন্ন হয়। পরে অতিরিক্ত উষ্ণতায় উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া সিলিকন ও গ্র্যাফাইট কার্বন উৎপন্ন হয়। সিলিকন উক্ত উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হইয়া উবিয়া যায় এবং কেবল গ্র্যাফাইট পড়িয়া থাকে।

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$$
$$SiC = Si + C \text{ (গ্র্যাফাইট)}$$

দ্রষ্টব্য ঃ এই পদ্ধতিতে লোহা ব্যবহার না করিয়া বালি বা সিলিকা ব্যবহার করা হয়।

গ্র্যাফাইটের ধর্ম ঃ—গ্র্যাফাইট ধূসরবর্ণের স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ ; ইহার স্ফটিকগুলি ষট্‌কোণী (hexagonal)। ইহার ধাতুপদার্থের মত একটি দ্যুতি আছে। ইহা নরম এবং ইহার স্পর্শ পিচ্ছিল। ইহার ঘনত্ব 2·2। ইহা ধাতুর মত তাপ ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহক। ইহাকে কাগজে ঘসিলে কালো দাগ পড়ে। সেইজন্যই ইহার অন্য নাম কাল সীসা (black lead) বা প্লামবেগো (plumbago)।

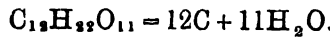
অক্সিজেন গ্যাসে 700° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে গ্র্যাফাইট পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। পটাসিয়াম ক্লোরেট, নাইট্রিক অ্যাসিড ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গ্র্যাফাইট যোগ করিয়া ফুটাইলে উহার কিছুটা গ্র্যাফাইটিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গ্র্যাফাইটকে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

গ্র্যাফাইটের ব্যবহার ঃ—গ্র্যাফাইট কাঠের সীস পেনসিল প্রস্তুতে, পিচ্ছিল-কারক তৈলের (lubricating oil) উপাদান হিসাবে, বড় বড় খর্পর (plumbago crucibles) তৈয়ারী করিতে ও বারুদ পালিশ করিতে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ ও তাপের সুপরিবাহী হিসাবে ইহা তড়িৎচুল্লী প্রস্তুতে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণে গ্র্যাফাইট-দণ্ড তড়িৎদ্বাররূপে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় শুষ্ক ব্যাটারিতেও ইহার ব্যবহার হইতে দেখা যায়। ✓

অনিয়তাকার কার্বন ঃ—(1) অঙ্গার (Charcoal) ঃ (ক) (i) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা কাঠকয়লা (Wood Charcoal) ঃ কাঠ আংশিকভাবে পোড়ানো-হইলে উহা অঙ্গারে পরিবর্তিত হয় এবং সেই কালো অঙ্গারকে কাঠকয়লা বলে। কাঠকে আংশিকভাবে পোড়ানোর জন্য মাটির ভিতর বড় গর্ত করিয়া উহা কাঠের টুকরা দিয়া ভর্তি করা হয়। গর্তের উপরটা মাটি ও ঘাসের চাপড়া দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। কেবলমাত্র গ্যাস বাহির হওয়ার জন্য একটি পথ রাখা হয়। তাহার পর কাঠে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে কিছু কাঠ পুড়িয়া যায় এবং সেইভাবে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে অবশিষ্ট কাঠগুলি কয়লায় পরিণত হয়। ইহাতে কাষ্ঠের উদ্বায়ী বস্তুসকল নষ্ট হয়। তাই বর্তমানে উন্নত প্রণালীতে কাঠের অন্তর্ধূমপাতন (destructive distillation) দ্বারা কাঠকয়লা উৎপাদন করা হয় এবং তাহাতে কাঠের উদ্বায়ী বস্তুগুলি সংগ্রহ করা সম্ভব হয়। বৃহৎ বদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে কাঠের টুকরা বোঝাই করিয়া উহাকে বাহির হইতে প্রায় 30 ঘণ্টা ব্যাপিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রটির উপরে একটি নির্গম-নল লাগানো থাকে, ঐ নির্গম-নল দিয়া যে সকল উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইয়া আসে। উদ্বায়ী বস্তুকে ঠাণ্ডা করিলে কিছুটা তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং কিছুটা গ্যাসরূপে থাকিয়া যায়। এই গ্যাসীয় উদ্বায়ী পদার্থে কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রোজেন, মিথেন প্রভৃতি দাহ্য গ্যাস মিশিয়া থাকে। এই গ্যাসের মিশ্রণকে কাঠ-গ্যাস (wood

gas) বলা হয় এবং ইহা আলানীরূপে ব্যবহৃত হয়, এমন কি, লোহার বকযন্ত্র উত্তপ্ত করিতেও এই গ্যাসই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। উদ্বায়ী বস্তুকে ঠাণ্ডা করিলে যে তরল বস্তু পাওয়া যায় তাহা থিতাইলে দুই অংশে ভাগ হইয়া যায়—(1) উপরের জলীয় অংশ, ইহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (pyroligneous acid) বলে। ইহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল (methyl alcohol, CH_3OH), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (acetic acid, CH_3COOH), অ্যাসিটোন (acetone, CH_3COCH_3) প্রভৃতি জৈবপদার্থ পাওয়া যায়। (2) নীচের আলকাতরার অংশ; ইহা হইতে ফিনোল (phenol, C_6H_5OH) জাতীয় মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। বকযন্ত্রে যে অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাই কাঠকয়লা।

(ii) **নারিকেলের মালাইএর কয়লা**—অনুরূপভাবে নারিকেল মালাইএর অন্তর্ধূমপাতনের দ্বারা অতিশয় ফাঁপা অনিয়তাকার অঙ্গার পাওয়া যায়। গ্যাসের শোষণের জন্য এই নারিকেল মালাইএর কয়লা (Cocoanut Charcoal) অতিশয় উপযোগী। (iii) আবার, স্বল্পপরিমাণ বিশুদ্ধ উদ্ভিজ্জ অঙ্গার প্রয়োজন হইলে তাহা চিনির অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা তৈয়ারী করা হয়। অতিশয় উষ্ণতায় চিনি হইতে জলের উপাদানসকল (elements of water) অপসারিত হয় এবং অনিয়তাকার কার্বন পড়িয়া থাকে।

$$C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O.$$

কিন্তু এই অনিয়তাকার কার্বনের ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস সামান্য পরিমাণ আবদ্ধ হইয়া থাকে। সেই কারণে উৎপন্ন অঙ্গারকে একটি বড় ফাঁদের গ্র্যাফাইট নলের ভিতর উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। পরে সেই অঙ্গারকে ঠাণ্ডা করিয়া জল দিয়া ধৌত করা হয়। পরে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে শুকাইয়া লইলেই বিশুদ্ধ উদ্ভিজ্জ অঙ্গার পাওয়া যায়। ইহাকে **শর্করা-কয়লা** (Sugar Charcoal) বলা হয়। অন্যভাবেও ইহা প্রস্তুত করা যাইতে পারে। চিনির খুব ঘন সিরাপ তৈয়ারী করিয়া সামান্য উত্তপ্ত করা হয় এবং সেই উষ্ণ ঘন সিরাপে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড চিনি হইতে জলের উপাদান টানিয়া লয়। মুক্ত অঙ্গারকে জলে ধৌত করিয়া পরিস্রাবণ-দ্বারা পৃথক করা হয় এবং শুষ্ক করিয়া ক্লোরিণ গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতেও বিশুদ্ধ কার্বন পাওয়া যায়।

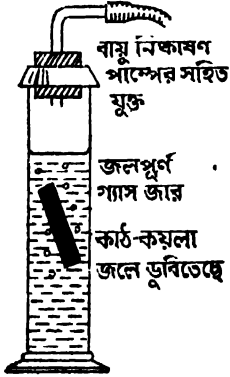
(খ) প্রাণিজ কয়লা (Animal Charcoal) **: (i) অস্থি কয়লা** (Bone Charcoal) :—জীবজন্তুর হাড় হইতে প্রথমে চর্বি সরাইতে হয়। হাড়ের ছোট ছোট টুকরা লইয়া জল দিয়া ফুটাইলে হাড় হইতে চর্বি দূর হয়। এইরূপে চর্বিমুক্ত হাড়ের টুকরাগুলি একটি বদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে লইয়া বাতাসের অবর্তমানে অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। এই অন্তর্ধূমপাতনের দ্বারাও উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় এবং এই গ্যাসীয় পদার্থ ঠাণ্ডা করিলে 'বোন-অয়েল' (bone-oil) নামক তরল পদার্থ পাওয়া যায়। দাহ্য গ্যাসও কিছুটা পাওয়া যায়। বকযন্ত্রে ঘন কালো অনিয়তাকার অঙ্গার পড়িয়া থাকে। ইহাই অস্থি-কয়লা। ইহার আর একটি নাম বোন-ব্ল্যাক (bone-black)। ইহার সহিত হাড়ের সমস্ত ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট মিশিয়া থাকে। ইহাকে লইয়া বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে যাহা অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাকে অস্থিভস্ম (boneash) বলে। এই অবশেষে শতকরা ৪০ ভাগ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট থাকে। আবার ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া গরম করিয়া পরিস্রাবিত করিলে কেবলমাত্র অনিয়তাকার কার্বনের গুঁড়া পড়িয়া থাকে। এই কালো গুঁড়াকে জল দিয়া ভালভাবে ধুইয়া শুকাইয়া লইলে যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহার নাম **'আইভরি ব্ল্যাক'** (ivory black)।

(ii) রক্ত-কয়লা (Blood Charcoal) **:** কসাইখানা হইতে রক্ত সংগ্রহ করিয়া উক্ত রক্তের অন্তর্ধূমপাতন করিলে কালো অনিয়তাকার অঙ্গারচূর্ণ পাওয়া যায়। ইহাকেই রক্ত-কয়লা বলে।

(গ) উজ্জীবিত কয়লা (Activated Charcoal) :—(i) নারিকেলের মালার অন্তর্ধূমপাতন-দ্বারা উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়। (ii) করাতের গুঁড়ার অন্তর্ধূমপাতনে যে কালো অবশেষ পাওয়া যায় তাহাকে প্রথমে কস্টিকসোডার দ্রবণে এবং পরে জলে ফুটাইয়া পরিস্রাবিত করিলে কালো অবশেষ পাওয়া যায়। এই কালো অবশেষকে বায়ুশূন্য আধারে উত্তপ্ত করিলে উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়। (iii) সাধারণ কাঠকয়লার গুঁড়াকে জিঙ্ক ক্লোরাইডের দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে পরিস্রাবণ-দ্বারা উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়।

(ঘ) বিশুদ্ধ কয়লা (Pure Charcoal) :—শর্করা-কয়লাই হইল বিশুদ্ধ কয়লা। তাহার প্রস্তুতপ্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে।

অঙ্গারের ধর্ম :—অঙ্গার কালো অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা খুব সচ্ছিদ্র এবং ইহার অভ্যন্তরে যথেষ্ট পরিমাণ বায়ু আটকাইয়া থাকে। কাঠকয়লার ধর্ম,

যে কাঠ হইতে ইহা প্রস্তুত হয় এবং যে উষ্ণতায় ইহা তৈয়ারী করা হয় এই দুইটির উপর নির্ভর করে। সাধারণতঃ কাঠকয়লা নরম এবং ইহার ঘনাঙ্ক 1·4 হইতে 1·9 পর্যন্ত হয়। ইহাতে স্বতঃই বুঝা যাইতেছে যে, কাঠকয়লা জল হইতে ভারী, কিন্তু ইহা জলে ভাসে। তাহার কারণ এই যে, কাঠকয়লার সূক্ষ্ম ছিদ্রের ভিতর অনেকটা বায়ু আটকাইয়া থাকে এবং তাহার জন্য ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় 0·2 হয়। কাঠকয়লা যে জল অপেক্ষা ভারী তাহা দেখাইতে হইলে একটি কাচের গ্যাসজার জল ভর্তি করিয়া তাহার উপর কাঠকয়লা ছাড়িয়া দেওয়া হয়। তখন কাঠকয়লা জলের উপর ভাসিতে থাকে। তাহার পর গ্যাসজারের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের ভিতর দিয়া একটি কাচনল লাগানো হয়। কাচনল বায়ু নিষ্কাশন-পাম্পের (air-pump) সহিত যোগ করিয়া গ্যাসজারের ভিতরের বায়ু পাম্প করিয়া ক্রমশঃ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এই অবস্থায় কয়লার ছিদ্রের ভিতরের বায়ুও বাহির হইয়া আসে। তখন কাঠকয়লার ছিদ্রে জল ঢোকে এবং কয়লার টুকরা ধীরে ধীরে জলে ডুবিয়া যায়।

চিত্র নং 23

ছিদ্রবিশিষ্ট হওয়ার জন্য কাঠকয়লা গ্যাস শোষণ করে। গ্যাস ছিদ্রের গায়ে জড়াইয়া লাগিয়া থাকে। এই গ্যাসগুলি কাঠকয়লায় দ্রবীভূত হয় না বা ইহারা কয়লার সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে না। আবার এই গ্যাসগুলি কাঠকয়লার অভ্যন্তরেও প্রবেশ করে না, কেবলমাত্র কাঠকয়লার পৃষ্ঠদেশে লাগিয়া থাকে। এইভাবে গ্যাসের যে-কোন কঠিন পদার্থের পৃষ্ঠদেশ আকৃষ্ট হইয়া লাগিয়া থাকাকে **বহির্ধৃতি** (Adsorption) বলে। গ্যাস অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী তরলের বাষ্প অধিক পরিমাণে শোষিত হয়। কাঠকয়লার বহির্ধৃতি-ক্ষমতা খুব বেশী। উজ্জীবিত কয়লার শোষণক্ষমতা আরও বেশী। বহির্ধৃত গ্যাস খুবই ক্রিয়াশীল

চিত্র নং 24

হয়। কাঠকয়লা গ্যাস শোষণ করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করিলে শোষিত গ্যাস বাহির হইয়া আসে। কাঠকয়লার গ্যাস-শোষণক্ষমতা নিম্নলিখিত উপায়ে দেখানো যাইতে পারে। একটি গ্যাসজারে পারদ অপসারণ-দ্বারা পারদের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। একখণ্ড কাঠ-কয়লা লোহিত-তপ্ত করিয়া পারদের ভিতর ডুবাইয়া ধরা হয়। সেই অবস্থায় তাহাকে গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয়। কয়লার টুকরাটি পারদের উপর ভাসিয়া উঠে। এই অবস্থায় কয়লার টুকরাটি অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে এবং পারদ গ্যাসজারের ভিতর উপর দিকে উঠে এবং প্রায় সমস্ত জারটি পারদভর্তি হইয়া যায়। উজ্জীবিত কয়লা তাহার নিজ আয়তনের 180 গুণ অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে। শোষিত গ্যাসের সক্রিয়তা দেখাইতে নিম্নলিখিত পরীক্ষা করা যাইতে পারে। একটি গ্যাসজারে ক্লোরিণ গ্যাস ধরিয়া তাহার ভিতর বায়ুমুক্ত কাঠকয়লা যোগ করা হয়। কাঠকয়লা ক্লোরিণ শোষণ করে। এই শোষিত ক্লোরিণযুক্ত কাঠকয়লাকে অন্ধকারে একটি হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে অন্ধকারেও হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণতঃ অন্ধকারে হাইড্রোজেন গ্যাস ও ক্লোরিণ গ্যাস মিশাইলে কোন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না।

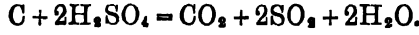
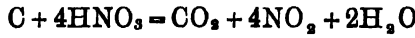
গ্যাস ছাড়াও কাঠকয়লার গুঁড়া কোন কোন দ্রবণ হইতে দ্রাবটিকে বহির্ধৃত করিয়া রাখিত পারে। উদাহরণস্বরূপ দেখানো যায় যে, কুইনাইন সলফেটের দ্রবণ কাঠকয়লার গুঁড়ার ভিতর দিয়া পরিস্রাবিত করিলে পরিস্রুতে কোন প্রকার তিক্ত আস্বাদ থাকে না। ইহাতে বুঝা যায় যে কুইনাইন সলফেট কাঠকয়লা-দ্বারা শোষিত হইয়াছে। এই গুণ প্রাণিজ কয়লায় বিশেষভাবে বিদ্যমান দেখা যায়। সাধারণ গুড়ের দ্রবণের একটা বাদমী রং থাকে। উক্ত দ্রবণেকে একটু হাড়ের কয়লার গুঁড়ার সহিত ফুটাইয়া পরিস্রাবিত করিলে পরিস্রুতে আর বাদামী রং থাকে না।

কয়লা তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী।

কাঠকয়লা বাতাসে পুড়িলে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। প্রায় 400°C সেন্টিগ্রেড উত্তাপে অক্সিজেন গ্যাসে কাঠকয়লা জ্বলিয়া উঠে ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফ্লুয়োরিন-গ্যাসে ইহা স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে ও কার্বন টেট্রাফ্লুয়োরাইড (CF_4) গঠন করে। কয়লা জলে, ক্ষারে বা হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিডে অদ্রাব্য। গাঢ় নাইট্রিক ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইড দেয়।

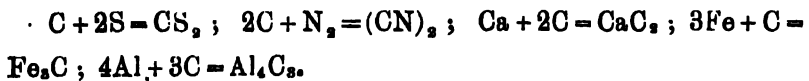
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O.$$

কয়লা তীব্র বিজারক। উপরের বিক্রিয়াগুলিতে ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড ও সলফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া যথাক্রমে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা ধাতব অক্সাইডকে [যথা, কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO), লেড মনোক্সাইড (PbO), ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3), জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO) ইত্যাদি] উচ্চ উষ্ণতায়—বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিবর্তিত করে। $CuO + C = Cu + CO$; $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$.

লোহিত উত্তাপে (red heat) কাঠকয়লা (বা কোক) স্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং নিজে কার্বন মনোক্সাইডে জারিত হয়। ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠিত করে।

$$C + H_2O = CO + H_2 \; ; \; CO_2 + C = 2CO.$$

কয়লা উচ্চ তাপের এবং উচ্চ চাপের একত্র প্রয়োগে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) উৎপন্ন করে। কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর কার্বনের তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে অ্যাসিটিলিন (acetylene, C_2H_2) গ্যাস উৎপন্ন হয়। কেবলমাত্র উচ্চ উষ্ণতায় কয়লা সলফারের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সলফাইড, নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সায়ানোজেন [$(CN)_2$], এবং ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রণ প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া ঐ সকল ধাতুর কারবাইড গঠন করে।

$C + 2S = CS_2$; $2C + N_2 = (CN)_2$; $Ca + 2C = CaC_2$; $3Fe + C = Fe_3C$; $4Al + 3C = Al_4C_3$.

অঙ্গারের ব্যবহার: (ক) কাঠকয়লা জ্বালানি হিসাবে এবং ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকরূপে, জলের পরিস্রাবণে, বারুদ প্রস্তুতে, বাজীতে এবং ঔষধে (charcoal biscuits) পেটের ভিতর সঞ্চিত বায়ুশোষণ-কার্যে ব্যবহৃত হয়। (খ) প্রাণিজ কয়লা চিনি ও লবণ-শোধনে ব্যবহৃত হয়। আইভরি ব্ল্যাক কালো রং হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (গ) উজ্জীবিত কয়লা গ্যাস-মুখোসে (gas-mask) এবং চিনি ও তৈলের শোধনে ব্যবহৃত হয়।

(2) ভুসা কয়লা (Lamp black) : যে সমস্ত দ্রব্যে অধিক কার্বন থাকে সেই সমস্ত দ্রব্য অল্প বায়ুতে জ্বালাইলে প্রচুর কালো ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। কেরোসিন তৈল, পেট্রোলিয়াম, আলকাতরা, তার্পিন তৈল প্রভৃতি আবদ্ধ ঘরে জ্বালাইয়া এই কালো ধোঁয়া উৎপন্ন করা হয়। এই ধোঁয়াকে অন্য একটি ঘরে মোটা ভিজা কম্বলে জমা হইতে দেওয়া হয়। কম্বল হইতে আঁচড়াইয়া এই ভুসা কয়লা সংগ্রহ করা হয়। পরে ভুসা কয়লাকে ক্লোরিণ গ্যাসের প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। পরে ঠাণ্ডা করিয়া ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

ইহা ছাপিবার কালি, স্টোভপালিশ ও জুতার কালি প্রস্তুতে এবং কাল রঞ্জক (black-pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(3) পাথুরে কয়লা (Coal) : ইহা প্রকৃতিতে খনির ভিতর পাওয়া যায়। ইহার উৎপত্তির বিবরণ ও প্রকারভেদ সম্বন্ধে পূর্বেই বলা হইয়াছে (৩১১ পৃঃ দেখ)। ইহা অতি অশুদ্ধ কার্বন। ইহাতে মুক্ত (Free) কার্বন অল্পপরিমাণ থাকে।

ইহা জ্বালানিরূপে ও কোল-গ্যাস (Coal-gas) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। জ্বালানি হিসাবে কয়লার দাম তাহার **তাপ-উৎপাদনী মূল্যের** (calorific value) উপর নির্ভর করে। একগ্রাম কয়লা অক্সিজেনে পোড়াইলে যে তাপ পাওয়া যায় তাহাকেই কয়লার তাপ-উৎপাদনী মূল্য বলে।

(4) কোক কয়লা (Coke) এবং **(5) গ্যাস-কার্বন (Gas-Carbon) :** কার্বনের এই দুইটি রূপভেদ কয়লা হইতে অন্তর্ধূমপাতন-দ্বারা অগ্নিসহ বক-যন্ত্রে কোল-গ্যাস উৎপাদনের সময় উৎপন্ন হয়। বক-যন্ত্রের নীচের দিকে যাহা অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাই কোক কয়লা এবং বক-যন্ত্রের উপরের দিকে উৎক্ষেপ (sublimate) হিসাবে যাহা পাওয়া যায় তাহাই গ্যাস-কার্বন। কোক কয়লায় পাথুরে কয়লার সমস্ত অনুদ্বায়ী উপাদান পড়িয়া থাকে। অধিক উষ্ণতায় অন্তর্ধূম-পাতন-ক্রিয়া পরিচালনা করিয়া যে কোক কয়লা উৎপন্ন হয় তাহা হার্ড-কোক এবং কম উষ্ণতায় উক্ত বিক্রিয়া সম্পন্ন করিলে সফ্‌ট্-কোক পাওয়া যায়। কোক তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী কিন্তু গ্যাস-কার্বন তড়িতের সুপরিবাহী।

কোক জ্বালানীরূপে ও ধাতুনিষ্কাশনে বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। গ্যাস-কার্বন ব্যাটারীর তড়িৎদ্বাররূপে ও আর্ক-আলো উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

হীরক, গ্র্যাফাইট, কাঠকয়লা, প্রাণিজ কয়লা প্রভৃতি কার্বনের বহুরূপ, ইহারা একই মৌল কার্বন দ্বারা গঠিত : বিশুদ্ধ হীরক, গ্র্যাফাইট,

শর্করা-কয়লা প্রভৃতিকে পৃথক্‌ভাবে ওজন করিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পোড়ানো হয়। তাহাতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা পূর্বে ওজন-করা একটি কস্টিক পটাশের দ্রবণপূর্ণ বাল্‌বে শোষণ করা হয় এবং পরীক্ষার পরে সেই বাল্‌বটি ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয়; প্রত্যেক ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে, একগ্রাম বিভিন্ন রূপের বস্তু হইতে উদ্ভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন সমান হয় (3·67 গ্রাম)। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, সমস্ত বস্তুই একই মৌল কার্বনের রূপভেদমাত্র।

Questions

1. What is allotropy? Name the different allotropic modifications of carbon. How can it be proved that diamond is only an allotrope of carbon?

১। বহুরূপতা কাহাকে বলে? কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের নাম কর। হীরক যে কার্বনের রূপভেদ তাহা কি প্রকারে প্রমাণ করা যায়?

2. Give a tabular sketch of the crystalline and amorphous allotropic modifications of carbon. State the properties and uses of each of the varieties.

২। কার্বনের স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকার রূপগুলির ছক আঁকিয়া দেখাও। উহাদের প্রত্যেকটির ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. Describe the methods of preparation of graphite and charcoal. Describe the reactions that take place when charcoal is heated with concentrated nitric acid and concentrated sulphuric acid. Give equations.

৩। গ্র্যাফাইট ও কাঠকয়লার প্রস্তুতি ও ব্যবহার বর্ণনা কর। কাঠকয়লার সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে যে বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর।

4. "That diamond, graphite, wood charcoal, animal charcoal and gas-carbon are all allotropic modifications of the same element carbon." Describe the process for proving the above statement.

৪। হীরক, গ্র্যাফাইট, কাঠকয়লা, প্রাণিজ কয়লা ও গ্যাস-কার্বন প্রভৃতি যে একই মৌল কার্বনের রূপভেদ তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

5. Describe the methods of preparation of soot and gas-carbon. State their uses.

৫। ভুসা কয়লা ও গ্যাস-কার্বনের উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর। ইহাদের ব্যবহার-সমূহ উল্লেখ কর।

একবিংশ অধ্যায়

কার্বনের অক্সাইড (Oxides of Carbon)

কার্বনের দুইটি অক্সাইড আছে। একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড ; তাহার অণুতে একটি কার্বন ও দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু বর্তমান এবং তাহার সংকেত CO_2। অপরটি কার্বন মনোক্সাইড ; তাহার অণুতে একটি কার্বন এবং একটি অক্সিজেনের পরমাণু বিদ্যমান এবং তাহার সংকেত CO। দুইটি অক্সাইডই সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড

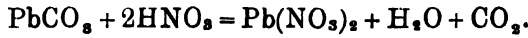
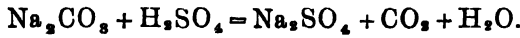
সংকেত—CO_2, বাষ্পীয় ঘনত্ব 22, আণবিক ওজন 44।

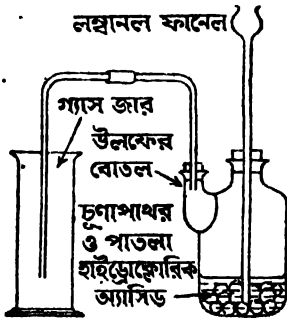
অবস্থান ঃ মুক্ত অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে সামান্য পরিমাণ (শতকরা 1·04 ভাগ আয়তনিক) দেখিতে পাওয়া যায়। যদিও বায়ুতে ইহার পরিমাণ এত কম তাহা হইলেও ইহা বায়ুর অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। ইহা প্রাণীদের প্রশ্বাসে এবং কাঠ, কয়লা প্রভৃতির দহনে এবং জৈব পদার্থের পচনক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। বায়ুস্থিত এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যেই উদ্ভিদ জাতির বৃদ্ধি সম্ভব হয়। অনেক সময় ভূপৃষ্ঠস্থ ফাটলের পথে ভূগর্ভ হইতে এই গ্যাস বাহির হয় এবং বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা ভূপৃষ্ঠের ঠিক উপরিভাগেই জমা হইয়া থাকে। এই গ্যাসের আবরণের ভিতর কোন প্রাণী যাইলে আর বাঁচে না। ইহার কারণ এই যে, সেখানে অক্সিজেনের অভাবে প্রাণিগণ দমবন্ধ হইয়া মারা যায়। জাভায় একটি উপত্যকা আছে যাহার নাম দেওয়া হইয়াছে—'মরণ উপত্যকা' (Valley of Death)। সেই উপত্যকার নিম্ন দেশে এই গ্যাসের তিন ফুট গভীর স্তর আছে। ফলে এই উপত্যকায় যে-কোন মনুষ্যেতর প্রাণী হাঁটিয়া যাইতে গেলে মরিয়া যায়। ইটালির নেপল্‌সে গ্রোটো ডেল কায়েন (Grotto del Cain) নামক পর্বতগুহায় এইরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড ভূগর্ভ হইতে নির্গত হইয়া জমা হইয়া আছে।

মুক্ত অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)-রূপে খড়িমাটি (Chalk), চুনাপাথর (Limestone) এবং মার্বেল পাথরে (Marble) পাওয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটরূপে ইহা ম্যাগনেসাইট (Magnesite, $MgCO_3$) নামক খনিজে পাওয়া যায়।

আবার ডোলোমাইট (Dolomite, $CaCO_3$, $MgCO_3$) নামক খনিজে ইহা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের যুক্ত কার্বনেটরূপে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি :—(i) পরীক্ষাগার-প্রণালী : ধাতব কার্বনেট বা বাইকার্বনেটের উপর খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। সমস্ত কার্বনেটই যে-কোন খনিজ অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে (effervescence) বাহির হইয়া আসে। যথা :—

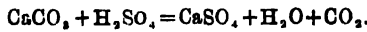
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O.$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O + CO_2.$$

পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ মার্বেল পাথরের টুকরার সহিত পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়াদ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।

একটি উলফ্-বোতলে (Woulfe's bottle) কিছুটা মার্বেলের ছোট ছোট টুকরা লওয়া হয়। তারপর উহার দুইটি মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করা হয়। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি লম্বানল ফানেল এবং অপর কর্কটির ভিতর দিয়া একটি নির্গম-নল লাগানো হয়। নির্গল-নলের সহিত রবার দিয়া আর-একটি সমকোণে বাঁকানো নল লাগাইয়া সেই নলের শেষ প্রান্ত একটি সোজা করিয়া বসানো গ্যাস-জারের শেষ প্রান্তে দিয়া রাখা হয়। লম্বানল ফানেল দিয়া পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। অ্যাসিড মার্বেল পাথরের সংস্পর্শে আসামাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদন-সহকারে উঠিতে আরম্ভ করে এবং নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসিতে থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চয় করা হয়। $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O.$

চিত্র নং 25

দেখিতে হইবে যে, দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্ত সর্বদা অ্যাসিডের ভিতর ডুবিয়া থাকে। গ্যাস-জারের মুখে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে যখন উহা নিবিয়া যাইবে, তখন বুঝিতে হইবে যে, গ্যাস-জার কার্বন ডাই-অক্সাইডে ভর্তি হইয়াছে।

(এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প মিশিয়া থাকে। ইহাকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাইতে হইলে প্রথমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া ইহা অতিক্রম করাইয়া পরে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের অপভ্রংশ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করিতে হয়।)

দ্রষ্টব্য :—পূর্বে বলা হইয়াছে যে, পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কার্বনেটের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু মার্বেলের সঙ্গে প্রথমতঃ সলফিউরিক অ্যাসিডের কিছুটা বিক্রিয়া হয় বটে, কিন্তু ইহার ফলে যে ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$) উৎপন্ন হয় তাহা জলে অদ্রবণীয় বলিয়া মার্বেলের উপরে একটি কঠিন আস্তরণের মত জমিয়া থাকে। তাহার ফলে সলফিউরিক অ্যাসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসিতে পারে না এবং বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

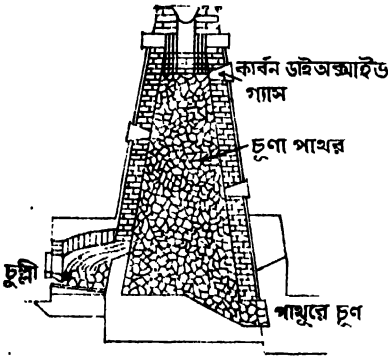
$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2.$$

(ii) পরীক্ষাগারে প্রয়োজনানুসারে কার্বন ডাই-অক্সাইড সরবরাহের জন্য কিপ-যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিপ-যন্ত্রের মধ্যের গ্লোবে মার্বেলের টুকরা রাখা হয় এবং উপরের গ্লোব দিয়া পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। যখন অ্যাসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসে তখন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। দরকার না হইলে নির্গম-নলের স্টপ-কক বন্ধ করিয়া দিলেই মার্বেলের সহিত অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং কিছুটা কার্বন ডাই-অক্সাইড কিপের ভিতর জমা হইয়া থাকে।

(iii) কার্বন (কোক) এবং অনেক প্রকার জৈব পদার্থ (যথা, তৈল, কাষ্ঠ, খড় প্রভৃতি) অতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $C + O_2 = CO_2$.

(iv) ধাতব কার্বনেট (কেবল সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও বেরিয়াম কার্বনেট ব্যতীত) উত্তপ্ত করিলে উহারা বিয়োজিত হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

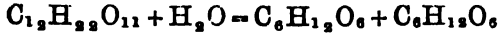
$$CaCO_3 = CaO + CO_2 ;\ MgCO_3 = MgO + CO_2 ;\ PbCO_3 = PbO + CO_2.$$

বাই-কার্বনেট-সমূহ উত্তপ্ত করিলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়। $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$.

পণ্য-উৎপাদন: (i) চুনাপাথর ($CaCO_3$) হইতে চুন প্রস্তুতের সময় প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাত (bye-product) হিসাবে পাওয়া যায়। বর্তমানে **অবিরাম পদ্ধতিতে** চুনাপাথর (limestone) হইতে চুন তৈয়ারী করা হয়। তজ্জন্য ইটে গাঁথিয়া (brick-work) একটি শঙ্কু আকৃতির দীর্ঘ ও স্থূলোদর ভাঁটি (kiln) তৈয়ারী করা হয়। এই ভাঁটির মাথায় যে ফাঁক থাকে তাহা দিয়া ভাঁটির ভিতর চুনাপাথর ফেলিয়া ভাঁটিটি ভর্তি করা হয়। তাহার পর ফাঁকটি আল্‌গাভাবে বন্ধ করা হয়। এই ফাঁকটির নিম্নে ভাঁটির উপর দিকে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস-নির্গমনের জন্য নল লাগানো থাকে। ভাঁটির নীচের দিকে একপাশে অবস্থিত উনানে (fire place) কোক পোড়াইয়া আগুন জ্বালানো হয়। জলন্ত কোকের শিখা ও উত্তপ্ত গ্যাসের শিখা ভাঁটির নিম্নাংশ দিয়া প্রবেশ করে এবং চুনাপাথরের মধ্য দিয়া উপর দিকে যায়। ইহাতে চুনাপাথর উত্তপ্ত হয় এবং উহা বিশ্লিষ্ট হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং উদ্ভূত চুন নীচের দিকে পাশে যে দরজা থাকে তাহা দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। চুন বাহির হইলে উপরের ঢাকা সরাইয়া পুনরায় চুনাপাথর ভাঁটির ভিতর দেওয়া হয়। এইভাবে ভাঁটিকে ঠাণ্ডা করার প্রয়োজন হয় না এবং অবিরামভাবে চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন চলিতে থাকে।

চিত্র নং 26

(ii) চিনি বা গুড় হইতে কোহল প্রস্তুত করিবার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। চিনি বা গুড়ের দ্রবণে ইস্ট

(yeast) যোগ করিয়া গাঁজন বা সন্ধান-প্রক্রিয়া প্রযোগে (fermentation) অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

চিনি আঙ্গুর-চিনি ফলের চিনি

Cane sugar Grape sugar Fruit sugar

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

আঙ্গুর-চিনি কোহল

(iii) ম্যাগ্‌নেসাইট ($MgCO_3$) বা সোডিয়াম কার্বনেটের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রচুর পরিমাণে উৎপাদন করা হয়।

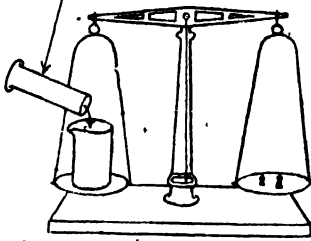
উপরে লিখিত যে কোন উপায়ে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উচ্চ চাপে তরল করিয়া চোঙ্গে (cylinder) ভর্তি করিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

ধর্ম ঃ (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস, কিন্তু ইহার ঈষৎ গন্ধ এবং সামান্য অম্ল-স্বাদ আছে। (ii) এই গ্যাস মোটেই বিষাক্ত নয়; কিন্তু ইহার ভিতর জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেনের অভাবে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। (iii) ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 এবং ইহা বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী। নিম্নলিখিত উপায়ে ইহার ভারত্ব প্রমাণিত হয়।

(i) একটি গ্যাসজারে কার্বন ডাই-অক্সাইড ভর্তি করা হয় এবং তাহার ভিতর বায়ুপূর্ণ সাবানের বুদ্‌বুদ্ ছাড়িয়া দেওয়া হয়। বুদ্‌বুদ্‌গুলি কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভিতর ভাসিতে থাকে।

(ii) জল যেভাবে এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে ঢালা যায় সেইভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস একপাত্র হইতে অন্য বায়ুপূর্ণ পাত্রে ঢালা যায়। গ্যাসটি যে অন্য পাত্রে বায়ু সরাইয়া জমা হইয়াছে তাহা প্রমাণ করিতে দ্বিতীয় পাত্রে চুনের জল যোগ করিয়া ঝাঁকান হয়। তাহাতে চুনের জল ঘোলা হয় এবং তদ্দ্বারা দ্বিতীয় পাত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

(iii) তুলাযন্ত্রে এক পাল্লায় উপর দিকে মুখ করিয়া একটি বীকার রাখিয়া অপর পাল্লায় অন্য একটি সমাকৃতি বীকার ও ওজন যোগ করিয়া ইহাকে সম-ওজন (counterpoise) করা হয়। তাহার পর একটি গ্যাসজার ভর্তি কার্বন ডাই-

অক্সাইড বীকারে ঢালিয়া দেওয়া হয়। বীকারের দিকের পাল্লা ভারী গ্যাস ঢালার জন্য নীচের দিকে নামিয়া যায়।

দাঁড়িপাল্লায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন লওয়া হইতেছে

চিত্র নং 27

(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য: 15° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সাধারণ চাপে জলে প্রায় সম আয়তন পরিমাণ গ্যাস দ্রবীভূত হয়। কিন্তু চাপ বৃদ্ধি করিলে জলে ইহার দ্রাব্যতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। অতিরিক্ত চাপে সোডাওয়াটারের বোতলে অধিক পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া নানাপ্রকার বাতান্বিত জল (aerated water) যথা সোডা, লেমনেড প্রভৃতি তৈয়ারী করা হয়। বোতলের ছিপি খুলিয়া চাপ কমাইলে অতিরিক্ত গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়।

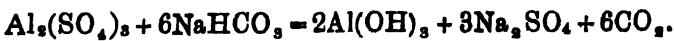
(v) চাপ বৃদ্ধি করিলে সাধারণ উষ্ণতায় (32° সেন্টিগ্রেডের নিম্নে) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তরল হয়। ইস্পাত-নির্মিত চোঙ্গে (cylinder) অতিরিক্ত চাপে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড বাজারে কিনিতে পাওয়া যায় এবং এই তরলটি হিমায়করূপে (refrigerator) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সহসা বাষ্পে পরিণত হইতে দিলেই উহার খানিকটা জমিয়া কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড "শুকনো বরফ" (Dry ice) নামে আজকাল হিমায়ক-রূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। ইথারের সহিত কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিলে মিশ্রণটি প্রায় −100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় নামিয়া যায়। এই মিশ্রণটিকে থিলোরিয়ারের মিশ্রণ (Thilorier mixture) বলে।

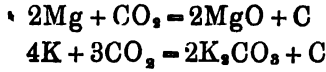
(vi) কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় এবং অপর বস্তুর দহনের সহায়ক নয়। যখন কোন দাহ্য বস্তুতে অগ্নি সংযোগ করিয়া অগ্নি প্রজ্বালিত করা হয়, তখন জ্বলন্ত অগ্নির উপর একটি গ্যাসজার হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ঢালিয়া দিলে অগ্নি নির্বাপিত হইয়া যায়। যদি একটি গ্যাসজারে কার্বন ডাই-অক্সাইড ভর্তি করিয়া ঐ গ্যাসের ভিতর জ্বলন্ত পাকাটি ঢুকাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে পাকাটির আগুন

নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটিতেও আগুন ধরে না। আবার একটি পোর্সিলেনের খর্পরে কিছুটা বেনজিন ঢালিয়া অগ্নি সংযোগ করা হয় এবং যখন বেশ ভালভাবে আগুন জ্বলিয়া উঠে তখন তাহার উপর একটি গ্যাসজার হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ঢালিয়া দেওয়া হয়। তাহাতে অগ্নি সম্পূর্ণরূপে নির্বাপিত হইয়া যায়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের এই ধর্মের উপর নির্ভর করিয়া ছোট ছোট অগ্নিকাণ্ড নির্বাপণ করিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছে। অনেক প্রকার অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র বাজারে বাহির হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির মধ্যে সাধারণতঃ একটি কাচনলে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড এবং অন্য একটি কাচনলে সোডিয়াম কার্বনেটের পাতলা দ্রবণ রাখিয়া নল দুইটি একটি শঙ্কু-আকৃতির শক্ত ধাতব পাত্রের ভিতর স্থাপন করা হয়। একটি বর্তুলের (knob) সহিত একটি দণ্ড (plunger) যুক্ত করিয়া দণ্ডটি কাচনল দুইটির নীচে লাগাইয়া রাখা হয়। বর্তুলটিকে মাটিতে জোরে ঠুকিলে দণ্ডটি ভিতরে ঢুকিয়া কাচনল দুইটিকে ভাঙ্গিয়া ফেলে। তাহাতে সলফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সংস্পর্শে আসিয়া প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে। ধাতব পাত্রটিকে এরূপভাবে ধরা হয় যে, তাহার উপরের মুখ দিয়া জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ বেগে বাহির হইয়া আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত হয়। তাহাতেই আগুন নিভিয়া যায়। আবার কতকগুলি যন্ত্রে এরূপ ভাবের ব্যবস্থা থাকে যে, গ্যাসের চাপে জলধারা আগুনের উপর বর্ষিত হয়। কেরোসিন তৈল বা পেট্রোলের আগুন নিভাইতে যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহাতে কাচের নল দুইটির ভিতর যথাক্রমে ফটকিরির (alum) দ্রবণ এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণ থাকে। নল দুইটি ভাঙ্গিয়া দিলে ফেনাযুক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং তাহাতে আগুন সহজেই নির্বাপিত হয়।

চিত্র নং 28

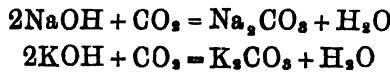
$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2.$$

(vii) কার্বন ডাই-অক্সাইড যদিও অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক নয়, তাহা হইলেও ইহা জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়ামের দহনের সহায়ক হয়।

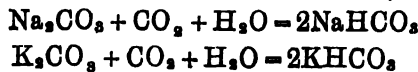
$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$
$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

কার্বন ভুসা-কয়লার আকারে বাহির হইয়া যে পাত্রে গ্যাস থাকে তাহাতে জমা হয়। এই বিক্রিয়ার কারণ এই যে, যে উষ্ণতায় ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম জ্বলে সেই উষ্ণতায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপাদন করে। তখন সেই উৎপন্ন অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়ামের দহনে সাহায করে।

(viii) পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণটিতে অ্যাসিডের ধর্ম দেখা যায়। ইহা নীল লিটমাসকে ফিকে লাল করিয়া দেয়। ইহাতে বুঝা যায় যে, যে অ্যাসিডটি উৎপন্ন হয় তাহা খুব দুর্বল। এই অ্যাসিডকে কার্বনিক অ্যাসিড (carbonic acid) বলে। $H_2O + CO_2 = H_2CO_3$.

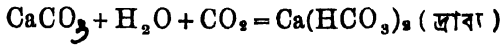
এই কার্বনিক অ্যাসিড অস্থায়ী। কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলের দ্রবণটিকে ফুটাইলে সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উড়িয়া যায় এবং কেবল জল পড়িয়া থাকে।

(ix) কার্বন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড; সেইজন্য ইহা ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করে এবং কার্বনেট লবণ গঠন করে। কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাসের সহিত বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$

অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$$
$$K_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2KHCO_3$$

সেইরূপ চুনের জলের (যাহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ) ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অল্প পরিমাণে অতিক্রম করাইলে সাদা অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) উৎপন্ন হয়। সেই কারণে চুনের জল ঘোলা হয়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3$ (অদ্রাব্য) $+ H_2O$

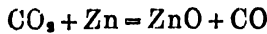
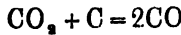
কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে প্রথমে যে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় তাহা দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়।

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \text{ (দ্রাব্য)}$$

চুনের জল এই অবস্থায় ঘোলা থাকে না, পরিষ্কার হইয়া যায়। এই পরিষ্কার দ্রবণকে ফুটাইলে বাই-কার্বনেট ভাঙ্গিয়া যায় এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট পুনরায় অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$.

এইভাবে চুনের জলের সাহায্যে কোন গ্যাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব প্রমাণিত করা যায়।

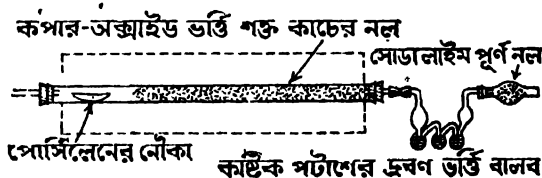
(x) লোহিত-তপ্ত কার্বন, জিঙ্ক বা আয়রণের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিচালনা করিলে ইহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO$$

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার : বাতান্বিত (aerated) জল প্রস্তুতে, সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদনে, অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র প্রস্তুতে, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুতে এবং চিনি-শোধনে গ্যাসীয় এবং তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। আজকাল হিমায়করূপে প্রচুর কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হইতেছে। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইস্পাতকে (স্টীলকে) শক্ত করিতে ব্যবহৃত হয়। বায়ুস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অস্তিত্বের জন্য উদ্ভিদ দ্বারা গৃহীত হয় এবং তাহার মধ্যস্থিত কার্বন উদ্ভিদগণ তাহাদের খাদ্য প্রস্তুতে ব্যবহার করে।)

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি : তৌলিক সংযুতি (Composition by weight) : একটি পোর্সিলেনের নৌকা ওজন করিয়া তাহাতে অল্প একটু বিশুদ্ধ অঙ্গার-চূর্ণ লইয়া পুনরায় তাহাকে ওজন করা হয়। নৌকাটি একটি মোটা শক্ত কাচনলের ভিতরে একপ্রান্তে রাখা হয় এবং সেই নলটির বাকী অংশটুকু দানাদার কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) দ্বারা ভর্তি করা হয়। নলটির দুইটি মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয় এবং কর্ক দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি সরু নল লাগাইয়া গ্যাস

চলাচলের ব্যবস্থা করা হয়। যেদিকে কার্বন-যুক্ত নৌকাটি থাকে, সেই দিকের সরু নলটির সাহায্যে শুষ্ক ও পরিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস মোটা কাচনলের ভিতর পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেনের প্রবাহ নলের ভিতরের বায়ুকে অপর সরু নল দ্বারা বাহির করিয়া দেয়। একটি কস্টিক পটাস-দ্রবণ দ্বারা আংশিকভাবে ভর্তি বাল্‌ব (bulb) একটি সোডা লাইম পূর্ণ নলের সহিত লইয়া ওজন করা হয়

চিত্র নং 29

এবং তাহাকে অপর প্রান্তস্থিত দ্বিতীয় নির্গম নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই পটাস বাল্‌বের অন্যপ্রান্তে যে সোডা লাইম (Soda lime)-পূর্ণ নল লাগান হইয়া থাকে তাহাতে পটাস-দ্রবণের যে জল গ্যাস-প্রবাহে উড়িয়া যায় তাহা শোষিত হইয়া থাকে। এই সোডা-লাইম নলের সহিত পরে আর একটি সোডা লাইমপূর্ণ নল লাগান হয়, যাহাতে বায়ু হইতে আগত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প শোষিত হয়। এইটির আর ওজন লওয়া হয় না। এই নলটি ছবিতে দেখান হয় নাই। অতঃপর এইভাবে সাজান অবস্থায় মোটা নলটিকে একটি চুল্লীর উপর অনুভূমিকভাবে রাখিয়া ধীরে ধীরে প্রথমে অক্সিজেন প্রবাহে কিউপ্রিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করা হয় এবং পরে পোর্সিলেন নৌকাস্থিত কার্বনকে উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এবং সেই কার্বন ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া পটাস বাল্‌বে প্রবেশ করে এবং সেখানে কষ্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হয়। এইভাবে সমস্ত কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড হয় এবং সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড পটাস বাল্‌বে শোষিত হয়। যদি কিছু কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। প্রক্রিয়া শেষ হইলে চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু মোটা নলটি শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন প্রবাহ চলিতেই থাকে। অতঃপর পটাস বাল্‌বটি সোডা লাইমের নলযুক্ত অবস্থায় খুলিয়া ওজন করা হয়। পটাস বাল্‌বের যে ওজন-বৃদ্ধি হয় তাহাই কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাপ।

গণনা ধর নৌকার ওজন $= W_1$ গ্রাম
কার্বন সহ নৌকার ওজন $= W_2$ গ্রাম
∴ কার্বনের ওজন $=(W_2 - W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে সোডা লাইমের নলসহ পটাস বাল্‌বের ওজন $= W_3$ গ্রাম
পরীক্ষার পরে „ „ „ „ $= W_4$ গ্রাম
∴ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $=(W_4 - W_3)$ গ্রাম,

অতএব $(W_2 - W_1)$ গ্রাম কার্বন $(W_4 - W_3)-(W_2 - W_1)$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

ভালভাবে পরীক্ষাটি করিলে দেখা যায় যে, কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $C : O = 3 : 8$।

সুতরাং 3 ভাগ কার্বনের সহিত 8 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 11 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

পরীক্ষার দ্বারা নির্ণীত হইয়াছে যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক $= 22$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$

($\because$ $M = 2D$, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প)

এক্ষণে 44 ভাগ (11×4) কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে 12 ভাগ (3×4) কার্বন এবং 32 ভাগ (8×4) অক্সিজেন আছে।

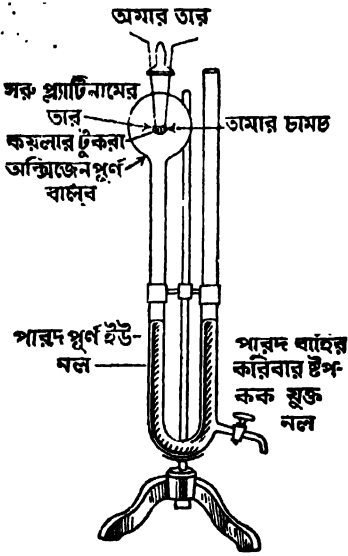
কিন্তু 12 ভাগ কার্বন কার্বনের একটি পরমাণুর ওজন এবং 32 ভাগ অক্সিজেন অক্সিজেনের দুইটি পরমাণুর ওজন।

∴ কার্বন-অক্সাইডের সংকেত হইল CO_2.

সাবধানতা : (1) যন্ত্রের সংযোগস্থলগুলি বায়ু-নিরুদ্ধ হওয়া দরকার।
(2) ওজনগুলি অতি সাবধানে নির্ভুলভাবে লওয়া দরকার।
(3) কপার অক্সাইড ও অক্সিজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া দরকার।

আয়তনিক সংযুতি (Volumetric composition) যন্ত্র : পরীক্ষার যন্ত্রটি একটি U-আকারের কাচের গ্যাসমান নল (eudiometer tube)। ইহার একপ্রান্ত খোলা এবং অপর প্রান্ত একটি গোলক (globe) আকারের করিয়া লওয়া হয়। গোলকের মুখে একটি বায়ু-নিরুদ্ধ কাচের ছিপি (glass stopper) থাকে। এই ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি কপারের মোটা তার প্রবেশ

করান হয়। একটি তারের প্রান্তে গোলকের মধ্যস্থলে একটি ছোট তামার চামচ থাকে। অপর তারটির প্রান্ত চামচ স্পর্শ না করিয়া একটু উপরে থাকে। একটি সরু প্লাটিনামের তারের কুণ্ডলী চামচ ও অপর কপার তারকে সংযুক্ত করে। U-নলের খোলা বাহুর নীচের দিকে একটি স্টপকক (stopcock) থাকে।

চিত্র নং 30

পরীক্ষাঃ প্রথমে ছিপি খুলিয়া খোলা মুখ দিয়া U-নলটিকে পারদ ভর্তি করা হয়। অতঃপর পারদ অপসারণ দ্বারা সম্পূর্ণ গোলকটি এবং U-নলের কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন ভর্তি করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর ছিপিটি লাগাইয়া স্টপকক খুলিয়া দিয়া দুইটি বাহুর পারদ একই তলে আনিয়া ভিতরের অক্সিজেনকে বাহিরের বায়ুচাপে রাখা হয়। তাহার পর চামচের উপর প্লাটিনাম তারের সহিত সংস্পর্শে রাখিয়া একখণ্ড কয়লা লওয়া হয় এবং কয়লাসহ ছিপিটি যতশীঘ্র সম্ভব গোলকের মুখে লাগান হয়। অক্সিজেনের আয়তন চিহ্নিত করিয়া রাখা হয়। অতঃপর বাহিরে অবস্থিত তামার তারের দুইটি প্রান্তকে তড়িৎ-উৎপাদক ব্যাটারীর বা কোষের দুই মেরুর সহিত যোগ করা হয়। প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে সরু তারটি লোহিত-তপ্ত হইয়া উঠে এবং কয়লাকে প্রজ্বলিত করে। ইহার ফলে কয়লা পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি শেষ হইলে ব্যাটারীর সহিত কপারের তারের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয় এবং যন্ত্রটিকে শীতল হইতে দেওয়া হয়।

পর্যবেক্ষণঃ যন্ত্রটি শীতল হইলে দেখা যায় পারদ পূর্বেকার তলেই আছে অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তনের সমান।

সিদ্ধান্তঃ কার্বন ডাই-অক্সাইডে তাহার নিজ আয়তনের সমান আয়তন অক্সিজেন থাকে।

সংকেত গণনা: পরীক্ষা হইতে দেখা যাইতেছে যে, একই চাপ ও উষ্ণতায় x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডে x ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন থাকে।

∴ 1 ঘন সেন্টিমিটার " " 1 ঘন " " " ।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প অনুসারে, মনে কর প্রতি ঘন সেন্টিমিটারের যে-কোন গ্যাসে উক্ত অবস্থায় অণুর সংখ্যা = n

∴ n-সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে n-সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে।

∴ 1টি কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে 1টি অক্সিজেন অণু থাকে। কিন্তু অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক।

∴ 1টি কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে 2টি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত ধরা যাইতে পারে C_xO_2, যেখানে x = কার্বনের পরমাণুসংখ্যা সুতরাং পূর্ণ সংখ্যা। সুতরাং ইহার আণবিক ওজন $= 12x + 32$।

পরীক্ষার দ্বারা নির্ণীত হইয়াছে যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক = 22

∴ ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$

(∵ $M = 2D$, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প অনুসারে)

$$12x + 32 = 44$$
$$\therefore \; 12x = 12$$
$$\therefore \; x = 1$$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত হইতেছে CO_2.

কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট: পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, জলে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের দ্রবণ একটি অতি ক্ষীণ (weak) ও দুঃস্থিত (unstable). অ্যাসিড। এই অ্যাসিডের নাম **কার্বনিক-অ্যাসিড**। এই অ্যাসিড কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণ হিসাবেই পাওয়া যায়, পৃথক-ভাবে ইহার কোন অস্তিত্ব নাই।

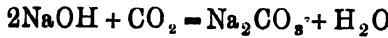
$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

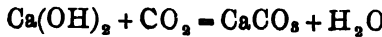
ইহার সংকেতে দেখা যায় যে, ইহার অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এই দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু পৃথক-ভাবে এবং একত্রে ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগ-মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। যখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় তখন যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **বাই-কার্বনেট** বলে, যথা—

$NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট), NH_4HCO_3 (অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট), $Ca(HCO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট)। যখন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতু বা ধাতুকল্প দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তখন যে লবণ পাওয়া যায়

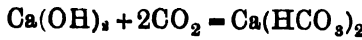
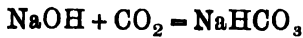
তাহাকে **কার্বনেট** বলে ; যথা, $Na_2CO_3, 10H_2O$ (সোডিয়াম্ কার্বনেট), $(NH_4)_2CO_3$ (অ্যামোনিয়াম কার্বনেট), $CaCO_3$ (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)। কার্বনিক অ্যাসিড যদিও দুঃস্থিত পদার্থ, ইহার লবণগুলি সুস্থিত পদার্থ।

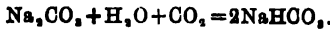
কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট প্রস্তুত করিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত ক্ষার ও ক্ষারধর্মী অক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটান হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডএ সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালনা করিয়া ক্ষারকে প্রশমিত (neutralisation) করিলে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (সাদা) অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

সেইরূপ ক্ষারধর্মী অক্সাইডের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় কার্বনেট উৎপন্ন হয়, যথা—$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$; $CaO + CO_2 = CaCO_3$.

আবার, অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড ক্ষারের দ্রবণের ভিতর অতিক্রম করাইলে বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় :—

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$
$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

দ্রষ্টব্য : সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইতে হয় এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রাব্যতা কম বলিয়া উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3.$$

কেবল সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাসিয়াম কার্বনেট ছাড়া অন্য ধাতুর কার্বনেট জলে অদ্রাব্য। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট জলে স্বল্প পরিমাণে দ্রাব্য, অন্য সমস্ত ধাতুর বাই-কার্বনেট জলে দ্রাব্য। উত্তাপ দিলে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় কিন্তু বিয়োজিত হয় না ; অন্য ধাতব কার্বনেট ($BaCO_3$ ছাড়া) উত্তাপে বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

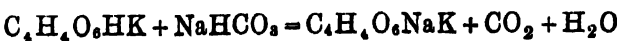
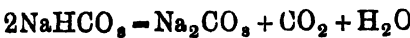
ধৌত সোডা ও বেকিং পাউডার : ধৌত সোডা সোডিয়াম কার্বনেট। ইহা স্ফটিক-জল (water of crystallisation) যুক্ত অবস্থায় উৎপন্ন হয়। যখন Na_2CO_3র এক অণু দশ অণু জলের সহিত যুক্ত অবস্থায় থাকে ($Na_2CO_3, 10H_2O$) তখন তাহাকে **কাপড় কাচা সোডা** (washing soda) বলে।

ইহা উদত্যাগী (efflorescent) পদার্থ। এই কাপড়কাচা-সোডাকে বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে ইহা হইতে নয় অণু জল উড়িয়া যায় এবং **দানাদার সোডা পাউডার** (soda crystals) Na_2CO_3, H_2O পাওয়া যায়। আবার উত্তাপ দিয়া সমস্ত জল বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইয়া দিলে **স্ফটিক-জলশূন্য** (anhydrous) সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়; তাহাকে সোডার **ছাই** (soda-ash) বলে।

সোডিয়াম কার্বনেট অনেক প্রকারে দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত হয়। কাপড় পরিষ্কার করিতে ইহার ব্যবহার সর্বজনবিদিত। বিভিন্ন শিল্পে প্রচুর পরিমাণে ইহা ব্যবহৃত হয়। সাবান, কাচ, কাগজ, কষ্টিক সোডা উৎপাদনে, জলের মৃদুকরণে, সোডিয়ামের অন্য লবণ প্রস্তুতে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক (re-agent) হিসাবে ইহার ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$)**:** কার্বনিক অ্যাসিডের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন দ্বারা সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পাওয়া যায়। ইহার আর এক নাম **সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট** এবং **অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেট** নামেও ইহা অভিহিত হয়। ইহা প্রস্তুত করিতে হইলে কস্টিক সোডার দ্রবণে অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইয়া দ্রবণটিকে কেলাসিত করিলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের কেলাস পাওয়া যায়। কস্টিক সোডার দ্রবণ ঘন হইলে অনেক সময় কঠিন সোডিয়াম বাই-কার্বনেট স্বতঃই উৎপন্ন হয়। সলভে-প্রণালিতে (Solvay Process or Ammonia Soda Process) লবণের দ্রবণ হইতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন-সময়ে প্রথমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট কঠিন পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাকে সাধারণতঃ খাইবার সোডা নামে অভিহিত করা হয় এবং ঔষধে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহা সোডা-জল (soda-water) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। প্রধানতঃ ইহা রুটি সেঁকিবার গুঁড়া (baking powder) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রুটি ও বিস্কুট প্রস্তুত করিবার সময় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেটের সহিত মিশাইয়া রুটি ও বিস্কুটের ময়দার সহিত মিশ্রিত করা হয়। উত্তাপ দিলে এই মিশ্রণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উত্থিত হয়। ইহাতেই রুটি ও বিস্কুট ফুলিয়া উঠে এবং ফাঁপা হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$C_4H_4O_6HK + NaHCO_3 = C_4H_4O_6NaK + CO_2 + H_2O$$

কার্বন-চক্র (Carbon Cycle): প্রাণী ও উদ্ভিদ প্রশ্বাসের সহিত বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং নিঃশ্বাসের সহিত দেহ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহিরে ছাড়িয়া দেয়। জৈব পদার্থের পচনে এবং কাঠ ও কয়লার দহনে বায়ুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় এবং প্রভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড এই দুই প্রক্রিয়া দ্বারা উদ্ভূত হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়। যদি একমাত্র এই সমস্ত প্রক্রিয়াই চলিতে থাকিত, তাহা হইলে ক্রমশঃ বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন চলিয়া যাইত এবং বায়ু কার্বন ডাই-অক্সাইডে পূর্ণ হইয়া যাইত। তাহা হইলে কোন প্রাণী বা উদ্ভিদ বাঁচিতে পারিত না। কিন্তু নিম্নলিখিত তিনটি কারণে বায়ুর অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের সাম্য রক্ষিত হইয়া থাকে :—

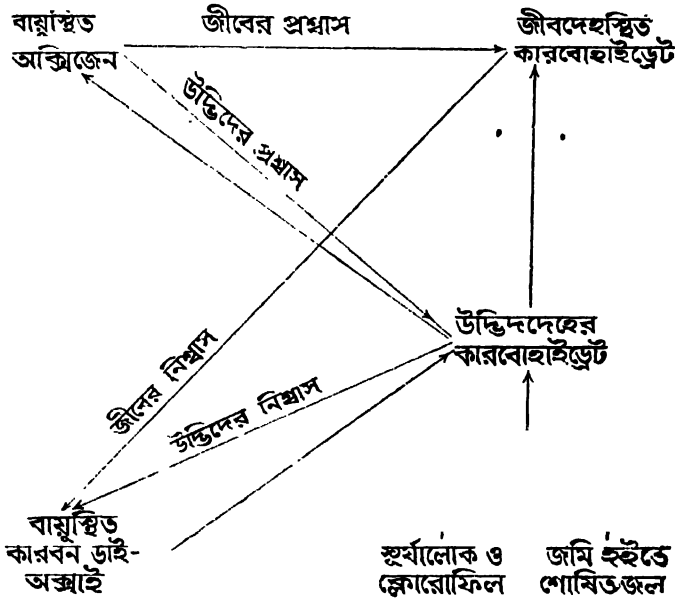
(i) উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। এই কার্যে উদ্ভিদের পাতায় যে সবুজ পদার্থ বা **ক্লোরোফিল** (Chlorophyll) থাকে উদ্ভিদ্ তাহারই সাহায্য লইয়া থাকে। সূর্যালোকে এই ক্লোরোফিল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে ভাঙ্গিয়া দেয় এবং কার্বন আত্মসাৎ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের সমান আয়তন অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। এই কার্বন আলোর প্রভাবে উদ্ভিদের পাতাস্থিত জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrate) নামে এক প্রকার জৈব পদার্থ উৎপন্ন করে। সূর্যালোকে এইভাবে কার্বন গ্রহণ করিয়া কার্বোহাইড্রেট উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে **আলোক-সংশ্লেষণ** (Photo-synthesis) বা **কার্বন আত্মীকরণ** (Carbon Assimilation) বলে। এই প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল অনুঘটকের কার্য করে।

আলোক-সংশ্লেষণ দিনের বেলায় সূর্যের আলোতে সংঘটিত হয়। কাজেই উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দুইটি বিপরীত ক্রিয়া সংঘটিত হইতে দেখা যায়। দিনের আলোয় উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন গ্রহণ করিয়া অক্সিজেন পরিত্যাগ করে এবং রাত্রিতে অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিত্যাগ করে। কিন্তু উদ্ভিদের অক্সিজেন গ্রহণের তুলনায় খাদ্যরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণের পরিমাণ অনেক বেশী।

(ii) বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের কিছুটা বৃষ্টির জলে ও সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়। কিছু গ্যাস সমুদ্রজলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট লবণ গঠন করে।

(iii) বিভিন্ন প্রকার শিলা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শুষিয়া লয় এবং

শিলাস্থিত বিভিন্ন ধাতুর কার্বনেট গঠন করে। এই প্রক্রিয়াকে **আবহ বিকার** (weathering) বলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র নিম্নলিখিত ভাবে দেখান হয় :—

চিত্র নং 31

খনিজ-জল (Mineral Water) :—ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তরে যে জল প্রবেশ করে তাহা পরে বিভিন্ন ছিদ্রপথে প্রস্রবণের আকারে বালি, মাটি, কাঁকর প্রভৃতি বিভিন্ন সছিদ্র স্তরের ভিতর দিয়া পরিস্রুত হইয়া বাহির হইয়া আসে। এই প্রস্রবণের জলে প্রলম্বিত অশুদ্ধি থাকে না। কিন্তু ইহাতে বহুবিধ লবণ-জাতীয় পদার্থ এবং গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। ইহা স্বচ্ছ হয়। অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ-জাতীয় বস্তু প্রস্রবণের জলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে **খনিজ-জল** বলা হয়। এই প্রকার খনিজ জলের বিশিষ্ট স্বাদ থাকে এবং তাহাতে রোগ-নাশক গুণ বর্তমান থাকিতে দেখা যায়।

এই খনিজ-জল নানাপ্রকারের হইয়া থাকে। (ক) লবণাক্ত (saline) জলে খাদ্য-লবণ (NaCl) থাকে। (খ) সোডিয়াম বা লিথিয়াম বাইকার্বনেট,

থাকিলে জল ক্ষারীয় (alkaline) হয়। এই প্রকার জলে বাত নিরাময় হয়। (গ) সোডিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম সলফেট দ্রবীভূত থাকিলে সেই জল কটু (bitter) হয়। এই জল জোলাপরূপে ব্যবহৃত হয়। (ঘ) কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে সেই জলকে বাতান্বিত (aerated) জল বলে। ইহা পেটের গোলমালে বিশেষ উপকারী। আবার উক্তপ্রকার জলে স্নান করিলে কার্যক্ষমতা বাড়িয়া যায়। (ঙ) হাইড্রোজেন সলফাইড বা সোডিয়াম সলফাইড দ্রবীভূত থাকিলে সেই জলকে হেপ্যাটিক (hepatic) জল বলে। এই প্রকার জল যকৃতের রোগ নিরাময় করে। (চ) আয়রণ বাই-কার্বনেট [$Fe(HCO_3)_2$] দ্রবীভূত থাকিলে সেই জল রক্তহীনতার ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। (ছ) উষ্ণ জলের প্রস্রবণও দেখিতে পাওয়া যায়। সেই জল স্বাস্থ্যের পক্ষে উপকারী।

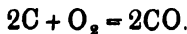
ভারতে ভুবনেশ্বর, রাজগীর, সীতাকুণ্ড, বক্রেশ্বর প্রভৃতি স্থানে খনিজ-জল দেখিতে পাওয়া যায় এবং এই জন্যই এই সমস্ত স্থান বায়ু-পরিবর্তনের স্থানরূপে বিখ্যাত।

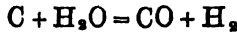
কার্বন মনোক্সাইড

সংকেত—CO, আণবিক ওজন—28, বাষ্প-ঘনত্ব—14

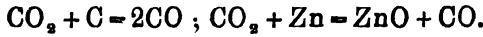
অবস্থান : কার্বন মনোক্সাইড মুক্ত অবস্থায় খুব কমই দেখিতে পাওয়া যায়। কার্বন ঘটিত দ্রব্যের দহন ক্রিয়ায় যেখানে বায়ু বা অক্সিজেনের অপ্রাচুর্য হয় সেইখানেই কার্বন মনোক্সাইড দেখিতে পাওয়া যায়। কোল গ্যাসে, ওয়াটার গ্যাসে, তামাকের ধোঁয়াতে, চিমনি গ্যাসে, ঝটিকা চুল্লীর (blast furnace) গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস দেখিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুত-প্রণালী : (১) কার্বন হইতে : (ক) অনতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে কার্বন বা কয়লা পোড়াইলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2C + O_2 = 2CO.$$

যখন বায়ু ব্যবহার করা হয় তখন কার্বন মনোক্সাইডের সহিত নাইট্রোজেন গ্যাস মিশিয়া থাকে। এই মিশ্রিত গ্যাসকে প্রডিউসার গ্যাস (Producer Gas) বলে। (খ) শ্বেত-তপ্ত (white-hot) কোকের উপর দিয়া স্টীম (steam) প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রিত গ্যাসকে জল-গ্যাস (water gas) বলে।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

এই জল-গ্যাস জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। (গ) কার্বনের সহিত জিঙ্ক-অক্সাইড, আয়রণ অক্সাইড প্রভৃতি কোন কোন ধাতব অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $ZnO + C = Zn + CO$; $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$.

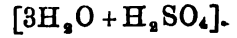
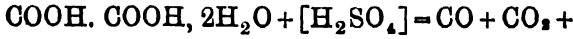
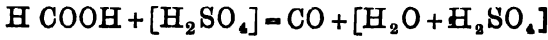
(2) **কার্বন ডাইঅক্সাইড হইতে ঃ** উত্তপ্ত কার্বন, আয়রণ বা জিঙ্কের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

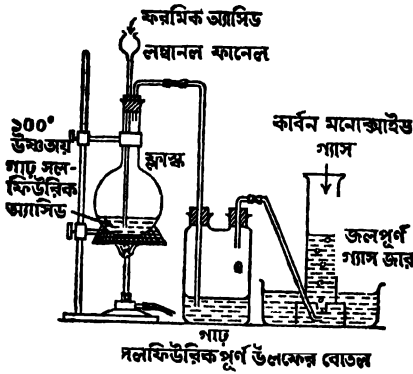
$$CO_2 + C = 2CO \; ; \; CO_2 + Zn = ZnO + CO.$$

পোর্সিলেনের নলের ভিতর কোক পুরিয়া চুল্লীতে তীব্রভাবে (1000°C) উত্তপ্ত করা হয়। পোর্সিলেন নলের উভয় মুখ বন্ধ করিয়া একদিকে একটি গ্যাস প্রবেশের নল ও অন্যদিকে একটি গ্যাস নির্গমন-নল লাগান হয়। কিপের যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিয়া উহাকে ধীরে ধীরে গ্যাস প্রবেশ নলের সাহায্যে পোর্সিলেন নলের উত্তপ্ত কোকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। গ্যাস নির্গমন-নল দিয়া যে গ্যাস বাহিরে আসে তাহাকে কষ্টিকপটাসের পাতলা দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়। এই সংগৃহীত গ্যাসই কার্বন মনোক্সাইড। কষ্টিক পটাসের দ্রবণ অপরিবর্তিত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষণ করে।

জলন্ত উনানের উপর যে নীল শিখা দেখা যায় তাহা কার্বন মনোক্সাইডের দহন হইতে উৎপন্ন। জলন্ত উনানের নীচের দিকে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত লোহিত তপ্ত কয়লার সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহা তাপে হালকা হইয়া উপরে উঠিতে থাকে এবং লোহিততপ্ত কয়লার উপর দিয়া যাইবার সময় বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে। এই কার্বন মনোক্সাইডই নীল শিখার সহিত উনানের উপরে জলে।

পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ ফরমিক অ্যাসিড (Formic acid) একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার সংকেত হইল H COOH। অক্জ্যালিক অ্যাসিড অন্য একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার সংকেত হইল COOH, COOH, $2H_2O$। এই দুইটি জৈব অ্যাসিড হইতে উত্তপ্ত ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জলের উপাদান বাহির করিয়া লইলে কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। সলফিউরিক অ্যাসিডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না।

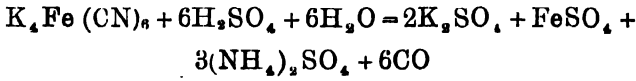
$$HCOOH + [H_2SO_4] = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$COOH.COOH, 2H_2O + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [3H_2O + H_2SO_4].$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কের মুখে কর্কের ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল এবং একটি গ্যাস নির্গমন-নল লাগান হয়। ফ্লাস্কের ভিতর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহাকে তারজালির উপর স্থাপন করিয়া 100° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিড উত্তপ্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর ফেলা হয়। উদ্ভূত কার্বন মনোক্সাইডকে কষ্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া জলের উপর গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়। কষ্টিক পটাসের দ্রবণ সামান্য পরিমাণে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড বা সলফার ডাই-অক্সাইড শোষণ করে।

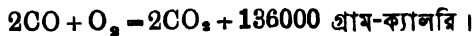
চিত্র নং 32

সোডিয়াম ফরমেট ফরমিক অ্যাসিডের একটি লবণ। ইহা কঠিন পদার্থ। একটি ফ্লাস্কের শুষ্ক কঠিন সোডিয়াম ফরমেট লইয়া তাহার উপর বিন্দুপাতন ফানেল হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং ইহাকে জলের উপর গ্যাস জারে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিক কিছুটা একটি ফ্লাস্কে লইয়া ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয়। কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘ নল ফানেল এবং একটি গ্যাস নির্গমন-নল লাগান হয়। ফানেল দিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিকগুলি ঢাকিয়া দেওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড সমপরিমাণে উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসমিশ্রণকে গাঢ় কষ্টিক পটাসের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলের উপর কার্বন মনোক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের স্ফটিকের সহিত তাহার দশগুণ ওজনের গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস ফসফোরাস পেণ্ট-অক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদের অপভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগ্রহ করা যায়।

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO$$

কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম ঃ কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন ও মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা খুব বিষাক্ত গ্যাস। বায়ুতে লক্ষভাগে একভাগ কার্বন মনোক্সাইড থাকিলেই ইহার বিষক্রিয়া আরম্ভ হয়। যখন বায়ুতে শতকরা 0·05 ভাগ কার্বন মনোক্সাইড থাকে, তখন প্রশ্বাসের সহিত সেই বায়ু কিছুক্ষণ গ্রহণ করিলেই মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনা। এই গ্যাস রক্তের হিমোগ্লোবিনের সহিত যুক্ত হইয়া লাল কারবক্সিহিমোগ্লোবিন গঠন করে। ইহাতে রক্তের অক্সিজেন গ্রহণ-ক্ষমতা নষ্ট হইয়া যায়। ফলে শ্বাস-গ্রহণকারী অক্সিজেনের অভাবে দম আটকাইয়া মারা যায়। আবদ্ধ ঘরে অপ্রচুর বায়ুতে কয়লা পোড়ানর সময় বা কেরোসিনের আলো বহুক্ষণ জ্বালানোর ফলে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করার ফলে প্রায়ই মৃত্যু ঘটে। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস জলে প্রায় অদ্রাব্য। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস সহজেই তরল হয়, কিন্তু কার্বন মনোক্সাইড অত্যন্ত শীতল না করিলে তরল হয় না। তরল কার্বন মনোক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক হইল $-191°$ সেন্টিগ্রেড।

কার্বন মনোক্সাইড অপর বস্তুর দহনের সহায়ক নহে, কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। ইহাতে বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে অগ্নি সংযোগ করিলে ইহা ঈষৎ নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। জ্বলিবার ফলে ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়াটিতে তাপ উদ্ভূত হয়।

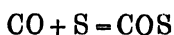
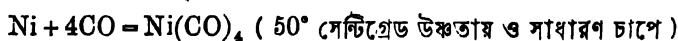
$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 136000 \text{ গ্রাম-ক্যালরি।}$$

এই কারণে কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি জ্বালানি হিসাবে কাজ করে।

দুই ভাগ আয়তনিক পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইডের সহিত এক ভাগ আয়তনিক পরিমাণ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার, কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন দ্বিযোজী। সুতরাং ইহা অসংপৃক্ত যৌগ (unsaturated compound), সেইজন্য ইহা সহজেই

অন্য যৌলের সহিত যুক্ত হয়। এই যৌগগুলিকে কার্বনিল (Carbonyl) যৌগ বলে এবং ইহারা যুত-যৌগ (additive compound)। সূর্যালোকে বা সক্রিয় কার্বনের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $CO + Cl_2 = COCl_2$

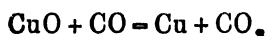
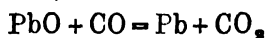
সলফারের বাষ্পের সহিত ক্রিয়ার ফলে কার্বনিল সলফাইড উৎপন্ন হয়।

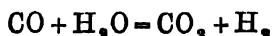
$$CO + S = COS$$

আয়রণ, নিকেল, কোবাল্ট, মলিবডেনম প্রভৃতি ধাতুর সূক্ষ্ম গুঁড়ার সহিত বিভিন্ন উষ্ণতায় ও চাপে কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া হয় এবং উক্ত ধাতুসমূহ কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া উহাদের কার্বনিল উৎপন্ন করে।

$Ni + 4CO = Ni(CO)_4$ (50° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও সাধারণ চাপে)
নিকেল কার্বনিল

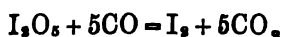
$Fe + 5CO = Fe(CO)_5$ আয়রণ কার্বনিল (120° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়) ধাতব কার্বনিল সাধারণতঃ উদ্বায়ী তরল।

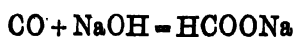
কার্বন মনোক্সাইড উচ্চ উষ্ণতায় বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। ইহা বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

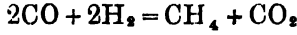
$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

ষ্টীমের সহিত কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া 550° সেন্টিগ্রেডে অনুঘটক ফেরিক অক্সাইডের ও অনুঘটক সহায়ক ক্রোমিয়াম অক্সাইডের উপস্থিতিতে ঘটিয়া থাকে এবং ষ্টীম বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

90° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা আয়োডিন পেণ্ট-অক্সাইডকে বিজারিত করে।

$$I_2O_5 + 5CO = I_2 + 5CO_2$$

ইহা শীতল কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের সহিত ক্রিয়া করে না। 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কঠিন কষ্টিক সোডার উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে অথবা অতিরিক্ত চাপে 160° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণের মধ্য দিয়া এই গ্যাস অতিক্রম করাইলে ইহা কষ্টিক সোডার সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন করে।

$$CO + NaOH = HCOONa$$

বিভিন্ন অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজে হইয়া বিভিন্ন পদার্থ উৎপাদন করে। যেমন নিকেলের সূক্ষ্মগুঁড়ার? Give উপস্থিতিতে 380° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মিথেন উৎপন্ন হয়।

$$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$$

ক্রোমিয়াম অক্সাইড যুক্ত জিঙ্ক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 350° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। $CO + 2H_2 = CH_3OH$.

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের (Cu_2Cl_2) দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং $CuCl,CO,2H_2O$ এই যুতযোগ গঠিত হয়। অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইডের শোষক (absorbent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসারিত করিতে হইলে মিশ্রণকে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইতে হয়। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত কার্বন মনোক্সাইড অপসারিত করিতে হইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড ব্যবহার করিতে হয়, কারণ কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যামোনিয়া দ্বারা শোষিত হয়।

কার্বন মনোক্সাইডের পরীক্ষা ঃ (i) কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখার সহিত জ্বলে। এই শিখা দপ দপ করে (lambent) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পুড়িবার পর যে গ্যাস হয় তাহা স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলাটে করে।

(ii) ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়।

এই দুইটি গুণের সাহায্যেই এই গ্যাসটিকে সাধারণতঃ চেনা যায়।

(iii) সামান্য পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড অন্য গ্যাসের সহিত মিশ্রিত থাকিলে নিম্নলিখিত **Vogelএর রক্ত-পরীক্ষা** দ্বারা ইহাকে চেনা যাইতে পারে।

2 বা 3 ঘন সেন্টিমিটার খুব পাতলা রক্তের সহিত কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রিত গ্যাস নাড়িয়া দেওয়া হয়। তাহাতে সদ্য প্রস্তুত অ্যামোনিয়াম সলফাইডের দ্রবণ দুই,এক ফোঁটা যোগ করা হয়। দ্রবণকে বর্ণালী বীক্ষণযন্ত্র (Spectroscope) দ্বারা পরীক্ষা করিলে দুইটি শোষণ-পটি (absorption band) দেখা যায়। এই শোষণ পটি দুইটির উপস্থিতি হইতে কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব জানা যায়।

অন্য মৌলের সহিত অক্সাইডের ব্যবহার : কার্বন মনোক্সাইড জ্বালানি হিসাবে বলে এবং ইহার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের তুলনা

কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনোক্সাইড
১। বর্ণহীন ও অম্লগন্ধযুক্ত গ্যাস	১। বর্ণহীন এবং সামান্য গন্ধযুক্ত গ্যাস।
২। বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী।	২। বায়ুর সমান ভারী।
৩। নিজে অদাহ্য এবং সাধারণতঃ অপরের দহনের সহায়কও নহে। কেবল সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে জ্বলিয়া থাকে।	৩। নিজে দাহ্য কিন্তু অপরের দহনের সহায়ক নহে।
৪। বিষাক্ত নয়, কিন্তু ইহাতে প্রশ্বাস লওয়া যায় না এবং অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে।	৪। বিষাক্ত, ইহা অতিরিক্ত মাত্রায় প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মৃত্যু ঘটে।
৫। জলে দ্রবণীয় এবং জলের দ্রবণে মৃদু অ্যাসিডের অস্তিত্ব দেখা যায়।	৫। জলে অদ্রবণীয়।
৬। চুনের জলকে ঘোলা করে।	৬। চুনের জলের সহিত বিক্রিয়া নাই।
৭। লিটমাসকে সামান্য লাল করে। অতএব আম্লিক অক্সাইড।	৭। লিটমাসের সহিত ক্রিয়া হয় না। অতএব প্রশম অক্সাইড।
৮। সাধারণ উষ্ণতায় NaOH দ্রবণ দ্বারা শোষিত হইয়া কার্বনেট উৎপন্ন করে।	৮। উচ্চ উষ্ণতায় কঠিন NaOH দ্বারা শোষিত হইয়া ফরমেট উৎপন্ন করে।
৯। যুত-যৌগ গঠন করে না।	৯। যুত-যৌগ গঠন করে।
১০। বিজারণ ক্ষমতা নাই, বরং নিজে বিজারিত হয় এবং অন্য মৌলকে জারিত করে।	১০। একটি বিশেষ বিজারক
১১। কষ্টিক-সোডা বা কষ্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হয়।	১১। অ্যামোনিয়াযুক্ত বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়

Questions

1. How is carbon dioxide prepared in the laboratory? Give equation for the reaction. State four important properties and two uses of the gas.

How would you convert sodium carbonate into sodium bicarbonate and vice versa?

১। পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ। ইহার চারিটি বিশেষ ধর্ম উল্লেখ কর এবং দুইটি ব্যবহারের কথা বল।

কিভাবে সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম বাই কার্বনেটে এবং সোডিয়াম বাই কার্বনেটকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিবে?

2. Explain why sulphuric acid cannot be used in the preparation of carbon dioxide from chalk or marble. Describe what happens, with equations, in the following cases :—(a) carbon dioxide is continuously passed through lime water and then the solution so obtained is boiled; (b) carbon dioxide gas is continuously passed through sodium hydroxide solution; (c) carbon dioxide gas is passed over redhot carbon; (d) burning magnesium ribbon is introduced into a jar full of carbon dioxide and then dilute hydrochloric acid is poured into the jar.

২। চুনা পাথর বা মার্বেল পাথর হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না কেন তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত অবস্থায় যে বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর:—(ক) চুনের জলের ভিতর ক্রমাগত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল এবং পরে সেই দ্রবণ ফুটান হইল; (খ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর ক্রমাগত অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল; (গ) লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করান হইল; (ঘ) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর তার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে ভর্তি গ্যাসজারের ভিতর নামাইয়া দেওয়া হইল এবং পরে ঐ জারের ভিতর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হইল।

3. Describe, with a sketch, the method of manufacture of carbon dioxide gas. Write out the equation representing the reaction. Give one proof of the acid character of the gas.

৩। কার্বন ডাই-অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে নিষ্পন্ন হয় তাহা চিত্র-সহকারে বর্ণনা কর। বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখিয়া দেখাও। কার্বন ডাই-অক্সাইডের অ্যাসিড ধর্মের প্রমাণ উল্লেখ কর।

4. State, in brief, what you know about dry ice, mineral water, fire-extinguisher, washing soda and baking powder.

৪। শুষ্ক বরফ, খনিজ জল, অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র, ধৌত সোডা এবং বেকিং পাউডার সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে উল্লেখ কর।

5. Describe, with a sketch of the apparatus, the method by which the gravimetric composition of carbon dioxide is determined.

৫। কার্বন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক সংযুতি যেভাবে স্থিরীকৃত হইয়াছে তাহা যন্ত্রের চিত্র সহকারে বর্ণনা কর।

6. Describe the apparatus which is used to prove and the procedure followed to prove that carbon dioxide contains its own volume of oxygen.

৬। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে তাহার সম আয়তনের অক্সিজেন থাকে এই তথ্য প্রমাণ করিতে কি প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয় এবং তদ্বারা কিভাবে ইহা প্রমাণিত করা যায় তাহা বিশদ ভাবে বর্ণনা কর।

7. What is "Carbon Cycle"? Describe exactly what you know about this cycle.

৭। "কার্বন চক্র" কাহাকে বলে? এই চক্র সম্বন্ধে যাহা জান সঠিকভাবে তাহা বর্ণনা কর।

8. State what products are obtained by the interaction of the following substances and show the reactions by equations in each case :—(a) red-hot carbon and air ; (b) white-hot carbon and steam ; (c) red-hot carbon and carbon dioxide ; (d) caustic potash and carbon dioxide.

৮। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির বিক্রিয়ার ফলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা উল্লেখ কর এবং সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর :—(ক) তপ্তকার্বন ও বায়ু; (খ) শ্বেততপ্ত কার্বন ও জলীয় বাষ্প ; (গ) উত্তপ্ত অঙ্গার ও কার্বন ডাই অক্সাইড ; (ঘ) কষ্টিক পটাস ও কার্বন ডাই-অক্সাইড।

9. Describe how pure and dry carbon monoxide is prepared in the laboratory. State some of its important properties and its uses. How can you prove the presence of carbon monoxide in any gas ?

৯। পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক কার্বন মনোক্সাইড যেভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। কার্বন মনোক্সাইডের কয়েকটি ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর। কোনও গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

10. From a mixture of carbon dioxide and carbon monoxide how can you obtain (i) carbon monoxide and (ii) carbon dioxide separately in pure state? How can you convert carbon monoxide into carbon dioxide and vice versa ?

১০। কার্বন মনোক্সাইডের এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ হইতে কিভাবে (i) কার্বন মনোক্সাইড এবং (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া

যাইতে পারে? কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে কিভাবে পরিণত করা যায়?

11. Give a comparative account of the properties of carbon dioxide and carbon monoxide.

১১। কার্বন ডাই-অক্সাইডের এবং কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক আলোচনা লিখ।

12. Explain chemically the following two facts :—(a) blue flame at the top of a coke-oven and (b) the white scum formed on the surface of limewater kept exposed to air.

১২। নিম্নলিখিত দুইটি ঘটনার রাসায়নিক ব্যাখ্যা লিখ :

(ক) কয়লার উনানের নীলাভ শিখা এবং (খ) চুনের জলকে বায়ুতে রাখার ফলে তাহার উপর উৎপন্ন সাদা সর।

13. Describe the equations, the following reactions :—(a) carbon dioxide gas is passed through sodium carbonate solution ; (b) carbon monoxide gas is passed over heated caustic soda solution under pressure ; (c) carbon monoxide gas is passed through ammoniacal cuprous chloride solution ; (d) carbon monoxide is passed over heated copper oxide.

১৩। সমীকরণ সহকারে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ফল বর্ণনা কর :—(ক) সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল ; (খ) উত্তপ্ত কষ্টিক সোডার দ্রবণের ভিতর চাপ সহযোগে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল ; (গ) অ্যামোনিয়া ঘটিত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল ; (ঘ) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

14. Correlate the statements in the first column with those in the second column in the following :—

First column	Second column
(i) An aqueous solution of carbon dioxide	(i) does not turn blue litmus red.
(ii) Carbon monoxide gas	(ii) turns blue litmus solution slightly red.
(iii) Carbon dioxide gas	(iii) is not absorbed by limewater.
(iv) Carbon monoxide gas	(iv) is absorbed by limewater.

১৪। নিম্নে প্রথম স্তম্ভে লিখিত বিষয়গুলির সহিত দ্বিতীয় স্তম্ভে লিখিত বিষয়গুলির সমন্বয় সাধন কর :—

প্রথম স্তম্ভ	দ্বিতীয় স্তম্ভ
(i) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ	(i) নীল লিটমাসের দ্রবণকে লাল করে না।
(ii) কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস	(ii) নীল লিটমাসের দ্রবণকে ফিকে লাল করে।
(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস	(iii) চুনের জল দ্বারা শোষিত হয় না।
(iv) কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস	(iv) চুনের জল দ্বারা শোষিত হয়।

15. Describe the commercial preparation of carbon dioxide, giving a labelled sketch of the kiln.

State giving equations what happens when carbon dioxide is passed through (a) lime water, (b) solution of common salt saturated with ammonia.

Write a short note on carbon cycle.

১৫। কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপাদনের ভাঁটির মার্কা দেওয়া ছবিসহ কার্বন ডাই-অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

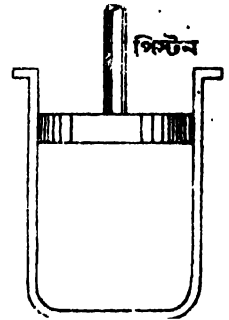
(ক) চুনের জলের এবং (খ) সাধারণ লবণের অ্যামোনিয়া দ্বারা সংপৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে কি ঘটে তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দাও। কার্বনচক্র সম্বন্ধে একটি নাতিদীর্ঘ আলোচনা লিখ।

দ্বাবিংশ অধ্যায়

গ্যাসের আচরণ (Behaviour of Gases)

বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র, গ্যাসের সমীকরণ (Boyle's Law, Charles' Law, and Gas equation)

গ্যাসীয় পদার্থ ও তাহার বিশিষ্ট ধর্ম: পদার্থ তিন প্রকার অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়, যথা, কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়। উদাহরণ হিসাবে আমরা জলের কথা বলি ; বরফ, জল এবং জলীয় বাষ্প জলের তিন অবস্থা। কঠিন, তরল ও গ্যাসের ভৌত ধর্ম এক প্রকার নয়। বিশেষতঃ গ্যাসীয় পদার্থগুলির অবস্থাজনিত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায়। নির্দিষ্ট পরিমাণ কঠিন, পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট। নির্দিষ্ট-পরিমাণ তরল পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট থাকে, কিন্তু ইহার আকার নির্দিষ্ট নয়। ইহাকে যে পাত্রে রাখা যায় ইহা সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। গ্যাসীয় পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট থাকে না। ইহা যে পাত্রে অবস্থান করে সেই পাত্রের সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকে। গ্যাসীয় পদার্থের আরও কতকগুলি বিশেষত্ব আছে। যথা : (1) একটি পাত্রে গ্যাস রাখিয়া তাহার উপর চাপ প্রয়োগ করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া যায়। আবার চাপ সরাইয়া লইয়া পূর্বাবস্থায় লইয়া আসিলে উহা পূর্বেকার আয়তনে ফিরিয়া আসে। ইহা সহজেই প্রমাণ করা যাইতে পারে। একটি পিষ্টন-যুক্ত চোঙের ভিতর নির্দিষ্ট-পরিমাণ গ্যাস ভর্তি করিয়া পিষ্টনের উপর চাপ কমাইলে পিষ্টন উপরদিকে উঠিবে এবং গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। পিষ্টনের উপর চাপ বাড়াইলে আয়তন কমিয়া যাইবে এবং একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন হইবে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কোচনশীল।

চিত্র নং 33

(2) গ্যাসীয় পদার্থ মাত্রেই স্বচ্ছ এবং সাধারণতঃ অদৃশ্য ; কিন্তু জড় পদার্থ হিসাবে গ্যাসীয় পদার্থের ওজন আছে।

(3) প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থের যে-কোন অবস্থায় একটি চাপ আছে। এই চাপ গ্যাসীয় পদার্থ যে পাত্রে থাকে তাহার উপর দিয়া থাকে। বায়ু গ্যাসীয় পদার্থ এবং সেই কারণে ইহারও চাপ আছে। ম্যাগডেবার্গ তাঁহার নামীয় অর্ধগোলক-দ্বারা এবং আরও অনেক অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রমাণিত করিয়াছেন। বায়ুমণ্ডলীর এই চাপ সম্বন্ধে টরিসেলী বিশিষ্ট প্রমাণ দিয়াছেন।

টরিসেলীর পরীক্ষা : প্রায় তিন ফুট লম্বা এক মুখ বন্ধ একটি কাচের নল লইয়া পারদ ভর্তি করা হয়। তাহার পর তাহার খোলা মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করিয়া উল্টাইয়া ধরা হয়। এই অবস্থায় নলটিকে একটি পারদপূর্ণ পাত্রে নামাইয়া দিয়া খোলা মুখটি সম্পূর্ণরূপে পারদের নীচে রাখিয়া আঙ্গুলটি সরাইয়া লওয়া হয়। দেখা যায় যে, নলের ভিতর খানিকটা পারদ নামিয়া যায়, কিন্তু বাকী অধিকাংশ পারদই নলের ভিতর থাকে। নলের ভিতর পারদের উপরের স্থানটি শূন্য থাকে, কারণ সেখানে বাতাস মোটেই ঢুকিতে পারে নাই। এই স্থানটিকে **টরিসেলীর ভ্যাকুয়াম** (Torricelli's vacuum) বলে। বাহিরের পাত্রে অবস্থিত পারদের পৃষ্ঠদেশ হইতে মাপিলে নলের ভিতরের পারদের উচ্চতা প্রায় 30 ইঞ্চি বা 76 সেন্টিমিটার হইবে। পারদ অত্যন্ত ভারী হওয়া সত্ত্বেও নীচে নামিয়া আসে না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে এবং এই বায়ুমণ্ডলের চাপই নলের ভিতরের পারদের ভরকে বহন করিতেছে। অতএব এই পারদস্তম্ভের ওজন ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার ব্যবস্থা হইয়াছে।

বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, ভিন্ন ভিন্ন স্থানে ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় নলের ভিতর পারদের উচ্চতা বিভিন্ন হয়। তাহা হইতে বুঝা যায় যে, বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় চাপের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিষুবরেখার নিকট সমুদ্র সমতলে বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারে 76 সেন্টিমিটার উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান। এই চাপের পরিমাণ সাধারণতঃ ডাইন-এ (Dyne) প্রকাশ করা হয়। 76 সেন্টিমিটার উচ্চতার পারদের চাপ প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে $(h \times \rho \times g) = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981$ ডাইন অর্থাৎ $1{\cdot}01 \times 10^6$ ডাইন। এই চাপ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 15 পাউণ্ড বা প্রায় সাড়ে সাত

সের। এই চাপকে এক বায়ুমণ্ডলের চাপ (one atmosphere pressure) বলে। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ** (Normal বা Standard pressure) বলে।

অনেক সময়ে বায়ুমণ্ডলের চাপ বা কোন গ্যাসীয় পদার্থের চাপ ডাইনে প্রকাশ না করিয়া কেবলমাত্র পারদস্তম্ভের উচ্চতাদ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন কোন গ্যাসের চাপ = 60 সেন্টিমিটার বলিলে বুঝিতে হইবে যে, প্রতিবর্গ সেন্টি-মিটারে চাপটি 60 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের ওজনের সমান। এই চাপকে $\frac{60}{76} = \frac{15}{19}$ বায়ুমণ্ডলের চাপও বলে।

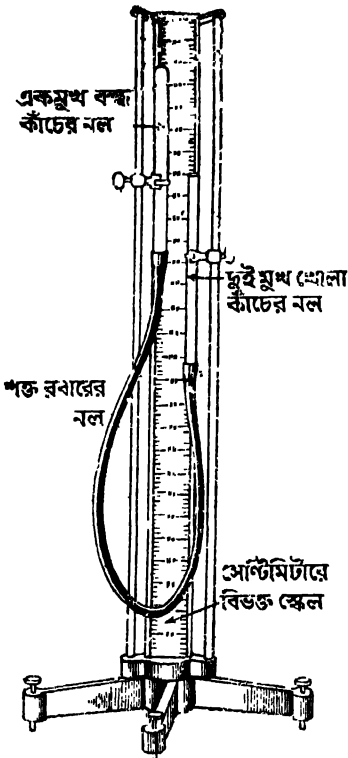
0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা** (Normal temperature) বলে।

বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নানা কারণেই প্রতিনিয়তই পরিবর্তিত হয়। আবার নির্দিষ্ট-পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। সেইজন্য বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন তুলনা করিবার জন্য তাহাদের বিভিন্ন চাপে ও উষ্ণতায় উল্লিখিত আয়তনগুলিকে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় আনা হয়।

কোন গ্যাসীয় পদার্থের কেবলমাত্র আয়তন উল্লেখ করিলেই তাহার কোন পরিমাণ স্থির নির্ণয় হয় না, কারণ চাপ ও উষ্ণতার সামান্য পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তনের প্রভূত পরিবর্তন সংঘটিত হয়। গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব বয়েল তাঁহার নিজের উদ্ভাবিত যন্ত্রে পরীক্ষাদ্বারা প্রথমে আবিষ্কার করেন এবং তাঁহার লব্ধ ফল **বয়েল সূত্র** রূপে পরিচিত। আর গ্যাসের উপর তাপের প্রভাব চার্লস্ পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করেন এবং তাহা **চার্লস সূত্র** নামে অভিহিত হয়।

বয়েল সূত্র (Boyle's Law): পূর্বেই পিষ্টনযুক্ত চোঙে গ্যাস লইয়া দেখান হইয়াছে যে, চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে এবং চাপ কমাইলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। ইহা সূত্রাকারে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হইয়াছে:

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাসের অনুপাতে আয়তন যথাক্রমে কমিবে ও বৃদ্ধি-প্রাপ্ত হইবে।

নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাস চোঙে ভর্তি করিয়া যে-কোন চাপে তাহার আয়তন দেখা হইল। তাহার পর উক্ত গ্যাসের উপর পিষ্টনের সাহায্যে চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের অর্ধেক হয়। আবার গ্যাসের উপর চাপ যদি এক-তৃতীয়াংশ করা যায় তবে উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের তিনগুণ হয়।

বয়েলের যন্ত্র

চিত্র নং 34

এই তথ্যটি বয়েল নিজের উদ্ভাবিত যন্ত্র-সাহায্যে প্রমাণ করেন। সেই যন্ত্রের ছবি এখানে দেখান হইল। কিভাবে এই যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা কার্য করা হয় তাহা যে-কোন পদার্থবিদ্যার পুস্তকে দেখিতে পাওয়া যাইবে।

অঙ্কের সাহায্যে সূত্রটিকে সহজে বোধ-গম্য করা যাইতে পারে। মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের চাপ P এবং তখন ইহার আয়তন V, বয়েল সূত্র অনুসারে—

$V \propto 1/P$, যখন উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় না।

$\therefore \quad V = K. 1/P$, যেখানে K একটি নিত্য-সংখ্যা (Constant)

$$\therefore \quad PV = K.$$

যদি চাপ P_1এ উক্ত নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন V_1 হয়,

তবে $P_1V_1 = K$, সেইরূপ $P_2V_2 = K = P_3V_3 = \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots$

(যেখানে P_2, P_3,……প্রভৃতি পরিবর্তিত চাপ এবং V_2, V_3…সেই সময়ের পরিবর্তিত আয়তন)

বয়েল সূত্র সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের (যথা হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, বায়ু প্রভৃতি) প্রতিই প্রযোজ্য।

গ্যাসের চাপ ও ঘনাঙ্ক ঃ মনে করা যাউক M ওজনের কোন গ্যাসের চাপ P এবং তখন উহার আয়তন V এবং ঘনাঙ্ক D এবং চাপ পরিবর্তিত করিয়া P_1 করিলে উহার আয়তন হয় V_1 এবং ঘনাঙ্ক হয় D_1.

একক্ষণে ওজন $M = V \times D = V_1 \times D_1 \therefore V/V_1 = D_1/D.$

বয়েল সূত্রানুসারে $\frac{V}{V_1} = \frac{P_1}{P}$; $\therefore \frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P}.$

∴ ঘনাঙ্ক চাপের সহিত সমানুপাতিক অর্থাৎ, $D \propto P$.

উদাহরণ 1. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 300 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনকে 700 মিলিমিটার চাপ হইতে 900 মিলিমিটার চাপে লওয়া হইলে উহার আয়তন কত হইবে ?

গ্যাসের চাপ ছিল = 700 মিলিমিটার এবং আয়তন = 300 ঘন সেন্টিমিটার। বর্তমান চাপ = 900 মিলিমিটার এবং মনে কর তখন আয়তন হইল V ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব, বয়েলের সূত্রানুসারে, $900 \times V = 700 \times 300$

অথবা $V = \frac{700 \times 300}{900}$ অথবা $\frac{700}{3}$ ঘন সেন্টিমিটার

= 233·3 ঘন সেন্টিমিটার (উত্তর)

উদাহরণ 2. 100 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চাপবৃদ্ধির ফলে 40 ঘন সেন্টিমিটার হইল। উহার পূর্বের চাপ 57 সেন্টিমিটার থাকিলে বর্তমান চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের কত গুণ হইবে ? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

মনে কর বর্তমান চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপের P গুণ।

পূর্ববর্তী চাপ ছিল = 57 সেন্টিমিটার $= \frac{57}{76}$ বা $\frac{3}{4}$ বায়ুমণ্ডলের চাপ।

(3/4 অ্যাট্মোসফিয়ার)

বয়েলের সূত্রানুসারে $PV = P_1V_1$ $\therefore \frac{3}{4} \times 100 = P \times 40$

$\therefore P = \frac{3}{4} \times \frac{100}{40} = \frac{15}{8}$ বায়ুমণ্ডলের চাপ $= \frac{15}{8}$ অ্যাট্মোসফিয়ার।

উদাহরণ 3. এক বায়ুমণ্ডলের চাপে (76 সেন্টিমিটার) অবস্থিত 100 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেনকে 3 লিটার (3000 ঘন সেন্টিমিটার) আয়তনের একটি পাত্রে ভরিলে গ্যাসের চাপ কত হইবে ? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

বয়েলের সূত্রানুসারে, $PV = P_1V_1$

ধরা যাউক যে নূতন চাপ P_1 সেন্টিমিটার হইবে।

$$76 \times 100 = P_1 \times 3000$$

$$P_1 = \frac{76 \times 100}{3000} \text{ সেন্টিমিটার}$$

$$= \frac{38}{15} \text{ সেন্টিমিটার} = 2{\cdot}53 \text{ সেন্টিমিটার।}$$

উদাহরণ 4. একটি 200 ঘন সেন্টিমিটার বোতলে কিছু কঠিন পদার্থ আছে এবং কিছু নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। নাইট্রোজেন গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান অর্থাৎ 76 সেন্টিমিটার। নাইট্রোজেনের উপর চাপ বাড়াইয়া পাঁচগুণ করা হইল এবং তখন কঠিন পদার্থ সমেত গ্যাসের আয়তন 90 ঘন সেন্টিমিটার হইল। কঠিনের আয়তন কত? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

মনে করা যাউক কঠিনের আয়তন $= V$ ঘন সেন্টিমিটার। চাপে কঠিনের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

নাইট্রোজেনের 76 সেন্টিমিটার চাপে আয়তন $= (200 - V)$ ঘন সেন্টিমিটার এবং 5×76 সেন্টিমিটার চাপে আয়তন $= (90 - V)$ ঘন সেন্টিমিটার

অতএব বয়েল সূত্রানুসারে

$$76 \times (200 - V) = 5 \times 76 \times (90 - V)$$

$$\therefore \; 200 - V = 450 - 5V$$

$$\therefore \; 5V - V = 450 - 200 \text{ অথবা } 4V = 250$$

$$\therefore \; V = \frac{250}{4} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 62{\cdot}5 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

উদাহরণ 5. 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 76 সেন্টিমিটার চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব = 14। উষ্ণতা স্থির রাখিয়া চাপ তিনগুণ বাড়াইলে ঘনত্ব কত হইবে?

চাপ পূর্বে ছিল = 76 সেন্টিমিটার। নূতন চাপ = 3×76 সেন্টিমিটার।

মনে করা যাউক নূতন ঘনত্ব $= D_1$

বয়েলের সূত্রানুসারে

$$\frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P}, \quad \therefore \; \frac{D_1}{14} = \frac{3 \times 76}{76}; \quad \therefore \; D_1 = 42\text{।}$$

উদাহরণ 6. এক গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব 16। উষ্ণতা স্থিরাঙ্কে রাখিয়া চাপ কত গুণ বৃদ্ধি করিলে অক্সিজেনের ঘনত্ব 32 হইবে?

এখানে $D_1 = 32, \quad D = 16$

$P_1 = ?$ $\quad P =$ এক গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপ

$$\frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P} \text{ অথবা } \frac{32}{16} = \frac{P_1}{1}; \quad \therefore \; P_1 = 2$$

অথবা নূতন চাপ = দুই গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপ = 2 অ্যাট্‌মোসফিয়ার।

চার্লসের সূত্র (Charles' Law): চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং উষ্ণতা কমাইলে আয়তন কমিয়া যায়; তাপের মাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন বিষয়ে বিজ্ঞানী চার্লস্ সম্যক পরীক্ষা দ্বারা লব্ধ ফল সূত্রাকারে প্রকাশ করিয়াছেন। কিন্তু সূত্রটি উল্লেখ করিবার আগে বলিতে হয় যে, সকল গ্যাসীয় পদার্থই তাপমাত্রার পরিবর্তনে একই ভাবে প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়। ইহা প্রমাণ করিতে নিম্নলিখিত ভাবে পরীক্ষা কার্য চালান যাইতে পারে।

কতকগুলি শক্ত কাচের বোতলের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করা হয়। ছিপির মধ্য দিয়া সরু কাচ-নলকে সমকোণে বাঁকাইয়া লাগান হয়। ভিন্ন ভিন্ন বোতলে ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস ভর্তি করা হয়। নলের মুখ পারদের ভিতর ডুবাইয়া বোতলগুলিকে সামান্য উত্তপ্ত করিয়া পরে ঠাণ্ডা করিয়া সরু নলের ভিতর এক ফোঁটা পারদ তুলিযা লওয়া হয়। পরে বোতলগুলিকে অনুভূমিকভাবে একই জলপাত্রে জলভর্তি করিয়া জলের ভিতর সরু নলের মুখ উপরদিকে করিয়া শোয়াইয়া রাখা হয়। তখন দেখা যাইবে যে, প্রত্যেক নলে পারদ একইস্থানে অবস্থান করে। পরে জলকে উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় যে, প্রত্যেক সরু নলে পারদ একই ভাবে উপরে উঠে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, সকল গ্যাসই একই উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য সমভাবে প্রসারিত হয়।

চার্লসের সূত্রটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হইয়া থাকে: **"চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের 1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে উক্ত গ্যাসের 0° সেণ্টিগ্রেডে যে আয়তন থাকে সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশ পরিমাণে গ্যাসটির আয়তন বৃদ্ধি বা হ্রাস প্রাপ্ত হয়"।**

মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট চাপে 0° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন $= V_0$ ঘন সেণ্টিমিটার।

1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 + \frac{V_0}{273}\right)$ ঘন সেণ্টিমিটার

$$= V_0\left(1 + \frac{1}{273}\right) \quad ,,$$

10° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 + \frac{V_0 \times 10}{273}\right)$ ঘন সেঃমিঃ

$$= V_0\left(1 + \frac{10}{273}\right)$$

-5° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 - \frac{V_0 \times 5}{273}\right)$

$$= V_0\left(1 - \frac{5}{273}\right) \quad ,,$$

t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 + \frac{V_0 \times t}{273}\right)$,,

$$= V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right) \quad ,,$$

আবার t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা-হ্রাসের জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 - \frac{V_0 \times t}{273}\right)$,,

$$\text{বা} \quad V_0\left(1 - \frac{t}{273}\right) \quad ,,$$

এখানে t° সেন্টিগ্রেড = যে-কোন উষ্ণতা।

দ্রষ্টব্য : [1° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের প্রসারতা কঠিন ও তরল অপেক্ষা অনেক অধিক। সেই কারণে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন 0° উষ্ণতার আয়তন ধরা হয়। কঠিন ও তরলের বেলায় যে-কোন উষ্ণতা হইতে প্রাথমিক আয়তন ধরা যাইতে পারে, কারণ তাহাদের প্রসার্যতা অনেক কম।]

প্রসারাঙ্ক (Coefficient of expansion) : নির্দিষ্ট চাপে একক আয়তনের যে-কোন গ্যাসের 0° সেন্টিগ্রেড হইতে 1° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধিতে যে পরিমাণ প্রসারণ হয় তাহাকে গ্যাসের **আয়তন প্রসারাঙ্ক (Coefficient of Cubical Expansion)** বলে।

যদি কোন গ্যাসের 0° সেন্টিগ্রেডে এবং t° সেন্টিগ্রেডে যথাক্রমে আয়তন V_0 এবং V_t হয়, তবে t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধিতে আয়তন বৃদ্ধি হইবে $V_t - V_0$ এবং এই আয়তন বৃদ্ধি V_0 আয়তনের পক্ষে হইবে। অতএব আয়তন প্রসারাঙ্ক $= \frac{V_t - V_0}{V_0 . t}$. ইহার মান হইল $\frac{1}{273}$ অথবা 0·00366.

র চাপের উপর তাপের প্রভাব : কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের খিয়া উহার উষ্ণতার পরিবর্তন করিলে উহার চাপ পরিবর্তিত অথবা নুতাতে চাপ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং উষ্ণতা হ্রাসে চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

চাপের সূত্র (Law of Pressure) : "নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট রাখিয়া তাহার উষ্ণতা 1° সেন্টিগ্রেড দ্বারা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে উক্ত গ্যাসের 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যে চাপ থাকে তাহার $\frac{1}{273}$ ভাগ দ্বারা উহা বৃদ্ধি বা হ্রাস প্রাপ্ত হয়।"

মনে করা যাউক 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আয়তনে চাপ $= P_0$.

1° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য চাপ $= \left(P_0 + P_0 \times \frac{1}{273}\right)$

$$= P_0\left(1 + \frac{1}{273}\right)$$

15° সেন্টিগ্রেড " " " $= \left(P_0 + P_0 \times \frac{15}{273}\right)$

$$= P_0\left(1 + \frac{15}{273}\right)$$

−5° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা-হ্রাসের $= \left(P_0 + P_0 \times \frac{-5}{273}\right)$

$$= P_0\left(1 - \frac{5}{273}\right)$$

t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাবৃদ্ধির $= \left(P_0 + P_0 \times \frac{t}{273}\right)$

$$= P_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

উষ্ণতার পরম স্কেল (Absolute Scale of Temperature) :

কোন বিশিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যদি V_0 ঘন সেন্টিমিটার হয় এবং উক্ত গ্যাসের চাপ না বদলাইয়া যদি উষ্ণতা 273° সেন্টিগ্রেড হ্রাস করা যায়, তবে −273° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহার নূতন আয়তন হইবে $V_0(1 - \frac{273}{273})$ (চার্লসের সূত্র) $= V_0(1-1) = 0$ ঘন সেন্টি-মিটার, অর্থাৎ −273° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন হইবে শূন্য। কিন্তু −273° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পৌঁছিবার পূর্বেই সকল গ্যাসই তরল হইয়া যায় এবং তরলে গ্যাসের সূত্রগুলি প্রযোজ্য হয় না। তাই −273° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সত্যই কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায় কিনা তাহার কোন পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নাই। তাহা হইলেও আংকিক হিসাবে ধরা হয় যে −273° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সকলপ্রকার গ্যাসের আয়তনই লোপ পাইয়া শূন্য হইয়া যায়। এই −273°

সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে বলা হয় **পরম শূন্য (Absolute Zero)**। এই পরম শূন্য হইতে যদি উষ্ণতার মাত্রা মাপা আরম্ভ করা হয় তাহা হইলে উষ্ণতা-পরিমাপের যে স্কেল পাওয়া যায় তাহাকে **পরম স্কেল (Absolute Scale)** বলে। পরম স্কেল অনুসারে যে উষ্ণতার মাপ প্রকাশ করা যায় তাহাকে **পরম উষ্ণতা (Absolute Temperatnre)** বলে। এই স্কেলে জলের হিমাঙ্ক, যাহাকে সেন্টিগ্রেড স্কেলে $0°$ বলে, তাহা $273°$ Absolute বা $273°A$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেন্টিগ্রেড স্কেলে যাহা $t°$, পরম স্কেলে তাহা $(273+t)°A$; ইহাকে $T°A$ বলিয়া লেখা হয়।

অতএব পরম স্কেলের মান = সেন্টিগ্রেড স্কেলের মান + 273

পরম স্কেলের উষ্ণতা অনুসারে চার্লসের সূত্র ঃ

মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের নির্দিষ্ট চাপের $0°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হইল V_0 ঘন সেন্টিমিটার, সেই পরিমাণ গ্যাসেরই চাপ স্থিরাঙ্কে রাখিয়া $t°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হয় V ঘন সেন্টিমিটার এবং $t'°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় V' ঘন সেন্টিমিটার।

একক্ষণে চার্লস সূত্রানুসারে $V = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$ এবং $V' = V_0\left(1+\frac{t'}{273}\right)$

অথবা $V = V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$ এবং $V' = V_0\left(\frac{273+t'}{273}\right)$

আমরা জানি যে, সাধারণ ও পরম উষ্ণতার সম্বন্ধ হইল $T = 273+t$ এবং $T' = 273+t'$

অতএব $V = V_0 \times \frac{T}{273}$ এবং $V' = V_0 \times \frac{T'}{273}$

$$\frac{V}{V'} = \frac{V_0 \times \frac{T}{273}}{V_0 \times \frac{T'}{273}} = \frac{T}{T'} \quad \text{অথবা} \quad \frac{V}{T} = \frac{V'}{T'}.$$

পরম উষ্ণতার হিসাবে চার্লসের সূত্রকে নূতনভাবে নিম্নলিখিতভাবে উল্লেখ করা হইয়া থাকে ঃ

"চাপ নির্দিষ্ট রাখিলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণের যে-কোন গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক হয়।" অর্থাৎ পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পায় এবং পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে কমে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে কমে।

আবার চাপের নিয়ম হইতে আমরা জানি, $P = P_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$

এবং $P' = P_0\left(1 + \frac{t'}{273}\right)$; অতএব $\frac{P}{P'} = \frac{273 + t}{273 + t'} = \frac{T}{T'}$; $\frac{P}{T} = \frac{P'}{T'}$.

অতএব আয়তন স্থিরাঙ্কে রাখিয়া যদি উষ্ণতা বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে চাপ ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক হয়।

আবার, V এবং V' যদি একই পরিমাণ (M) গ্যাসের $t°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং $t'°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হয়, এবং D ও D' উক্ত উষ্ণতাদ্বয়ে গ্যাসের ঘনাঙ্ক হয়—

তাহা হইলে $V = \frac{M}{D}$ এবং $V' = \frac{M}{D'}$

আবার, $\frac{V}{V'} = \frac{T}{T'}$ (চার্লসের সূত্রানুসারে)

$$\frac{V}{V'} = \frac{M}{D} \times \frac{D'}{M} = \frac{D'}{D} = \frac{T}{T'}.$$

অতএব নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনাঙ্ক ও পরম উষ্ণতা ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional) হয়, অর্থাৎ উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে ঘনাঙ্ক কমে এবং উষ্ণতা কমিলে ঘনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র (Combination of Boyle's and Charles' Laws) :

(i) বয়েলের সূত্রানুসারে আমরা জানি যে, উষ্ণতা (T°A) স্থির রাখিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ (ভরের) গ্যাসের আয়তন (V) চাপের (P) সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ

$V \propto \frac{1}{P}$ (যখন T নির্দিষ্ট থাকে)।

(ii) আবার চার্লসের সূত্রানুসারে আমরা জানি যে, চাপ স্থিরাঙ্কে রাখিয়া উষ্ণতা পরিবর্তিত করিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চরম উষ্ণতার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ $V \propto T$ (যখন P নির্দিষ্ট থাকে)।

(i) এবং (ii) কে পরিবর্তনের সূত্রানুসারে (Theorem of Variation) একত্র করিলে পাওয়া যায়—

$V \propto \frac{T}{P}$ (যখন চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই পরিবর্তনশীল হয়)।

$\therefore \quad V = R\frac{T}{P}$ যেখানে R = ধ্রুবক (constant)

$\therefore \quad PV = RT.$

এই সমীকরণকে **গ্যাস সমীকরণ (Gas equation)** বলে। যদি একই পরিমাণ গ্যাসের P চাপে এবং $T°$ চরম উষ্ণতায় আয়তন V হয় এবং সেই পরিমাণ গ্যাসের P_1 চাপে এবং $T_1°$ চরম উষ্ণতায় আয়তন V_1 হয়, তবে

$$\frac{PV}{T} = R = \frac{P_1V_1}{T_1}.$$

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে এবং 76 সেন্টিমিটার হিম-শীতল পারদের চাপকে গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ (Normal temperature and pressure, অথবা N. T. P.) বলে।

আবার, আমরা জানি, $\frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1}$

এক্ষণে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে দেখান হইয়াছে যে, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

অথবা $\frac{P_1T_2}{P_2T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{D_1}{D_2}$; সুতরাং $\frac{D_1T_1}{P_1} = \frac{D_2T_2}{P_2}.$

মিশ্র গ্যাসের চাপ : ডালটনের অংশ চাপসূত্র (Law of Partial Pressures)—নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে একরকম গ্যাসের বদলে যদি দুই বা ততোধিক প্রকার গ্যাসীয় পদার্থ মিশ্রিত অবস্থায় থাকে এবং সেই গ্যাসীয় পদার্থগুলির ভিতর যদি কোনপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটে তবে উক্ত মিশ্রণের একটি চাপ থাকে। আবার যদি উক্ত মিশ্রণের প্রত্যেকটি উপাদান একই পরিমাণে পৃথক পৃথক ভাবে উক্ত একই পাত্রে থাকে তবে ইহাদের প্রত্যেকের ভিন্ন ভিন্ন চাপ থাকে। অবশ্য সকল সময়েই উষ্ণতা একই রাখা হয়। এই অবস্থায় প্রত্যেক উপাদানের ভিন্ন ভিন্ন চাপকে **অংশ চাপ (Partial pressure)** বলে। অংশ চাপ সূত্র নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় :—

"নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের কোন একটি পাত্রে যদি দুই বা ততোধিক গ্যাস বা বাষ্প মিশ্রিত করা হয় তবে মিশ্রণের মিলিত চাপ = গ্যাস বা বাষ্পগুলির আংশিক-চাপের যোগফলের সমান।"

যদি কোন নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের চাপ $p_1, p_2, p_3, \cdots\cdots$ হয় এবং সেই উষ্ণতায় সেই আয়তনের পাত্রে ইহাদের মিশ্রণের

চাপ P হয়, তবে $P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots$ হইবে। মনে রাখিতে হইবে যে, পৃথক পৃথক গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় না।

মনে করা যাউক নির্দিষ্ট উষ্ণতায় V_1 আয়তনের এবং P_1 চাপের অক্সিজেন গ্যাসকে V_2 আয়তনের ও P_2 চাপের নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিত মেশানো হইল। উষ্ণতা একই থাকিলে মিশ্রিত গ্যাসের মোট আয়তন $= V_1 + V_2$। মনে করা যাউক মিশ্রিত গ্যাসের চাপ $= P$। অক্সিজেনের আংশিক চাপ $= p_1$ এবং নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ $= p_2$। $\therefore$ $P = p_1 + p_2$. মিশ্রণের পর অক্সিজেনের আয়তন $V_1 + V_2$ হয়, কিন্তু তাহার চাপ p_1-এ পরিবর্তিত হয়। বয়েল সূত্রানুসারে

$$p_1 (V_1 + V_2) = P_1 V_1$$

এবং $p_2 (V_1 + V_2) = P_2 V_2$

অতএব, $p_1 = \dfrac{P_1 V_1}{V_1 + V_2}$ এবং $p_2 = \dfrac{P_2 V_2}{V_1 + V_2}$

$$\therefore \; P = p_1 + p_2 = \frac{P_1 V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

অথবা, $P(V_1 + V_2) = P_1 V_1 + P_2 V_2$.

উদাহরণ। কোন 100 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পাত্রে 160 সেন্টিমিটার চাপে অক্সিজেন আছে। অন্য একটি 400 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পাত্রে 200 সেন্টিমিটার চাপে নাইট্রোজেন আছে। পাত্র দুইটি একটি ষ্টপককযুক্ত সরু নল দ্বারা যুক্ত। ষ্টপকক খুলিয়া দিয়া গ্যাস দুইটিকে সম্পূর্ণরূপে মিশিতে দিলে মিশ্রণের চাপ কত হইবে?

মনে করা যাউক মিশ্রণের চাপ $= P$ সেন্টিমিটার। মিশ্রণের পর উভয়ের (অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের) আয়তন হইবে $(100 + 400)$ বা 500 ঘন সেন্টিমিটার। মনে কর, মিশ্রণের ভিতর অক্সিজেনের অংশ চাপ $= p_1$ সেন্টিমিটার এবং নাইট্রোজেনের অংশ চাপ $= p_2$ সেন্টিমিটার।

বয়েলের সূত্রানুসারে $p_1 \times 500 = 100 \times 160$

অথবা, $p_1 = \dfrac{100 \times 160}{500}$ সেন্টিমিটার

$= 32$ সেন্টিমিটার ;

আবার, $p_2 \times 500 = 400 \times 200$

অথবা, $p_2 = \frac{400 \times 200}{500}$ সেন্টিমিটার

$= 160$ সেন্টিমিটার

$P = p_1 + p_2 = (32 + 160)$ বা 192 সেন্টিমিটার।

আর্দ্র গ্যাস ঃ পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ জলে অদ্রবণীয় গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। সুতরাং গ্যাসটি জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয়। এই আর্দ্র-গ্যাসে কেবলমাত্র শুষ্ক গ্যাসের চাপ নির্ণয় করিবার সময় আর্দ্র-গ্যাসের সমগ্র চাপ হইতে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিতে হয়। কোন আর্দ্র-গ্যাসের চাপ $P =$ শুষ্ক গ্যাসের প্রকৃত চাপ $p +$ সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ f (পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায়)। প্রতি ডিগ্রি ও ডিগ্রির ভগ্নাংশে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ রেণোর (Regnault's Table) দ্বারা নির্ণীত হইয়া লিপিবদ্ধ করা আছে। $\therefore p = P - f.$ মনে করা যাউক যে, একটি আর্দ্র গ্যাসের উষ্ণতা $= t°$ সেন্টিগ্রেড, উহার আয়তন V ঘন সেন্টিমিটার এবং উহার চাপ $= P$ সেন্টিমিটার। যদি $t°$ সেন্টিগ্রেডে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ সেন্টিমিটার হয় তবে শুষ্ক গ্যাসের চাপ $= (P - f)$ সেন্টিমিটার। যদি উক্ত গ্যাসের আয়তন N.T.P.তে V_1 ঘন সেন্টিমিটার হয়, তবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে,

$$\frac{V \times (P - f)}{273 + t} = \frac{V_1 \times 76}{273}$$

অথবা, $V_1 = \frac{V \times (P - f) \times 273}{76(273 + t)}$ ঘন সেন্টিমিটার হইবে।

উদাহরণ 1. 500 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাসকে 17° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। শুষ্ক অবস্থায় এই গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হইবে? (17° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 14·4 মিলিমিটার)।

শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ = (750—14·4) বা 735·6 মিলিমিটার। মনে করা যাউক যে, শুষ্ক হাইড্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও প্রমাণ চাপে আয়তন $= V$ ঘন সেন্টিমিটার। বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{500 \times 735{\cdot}6}{273 + 17} = \frac{V \times 760}{273}$$

$\therefore V = \frac{500 \times 735{\cdot}6 \times 273}{760 \times 290}$ ঘন সেন্টিমিটার $= 455{\cdot}57$ ঘন সেন্টিমিটার

উদাহরণ 2. 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 760 মিলিমিটার চাপে জলের উপর 200 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। যদি 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 15 মিলিমিটার হয় তবে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় শুষ্ক অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে?

শুষ্ক অক্সিজেনের চাপ = (760 − 15) বা 745 মিলিমিটার। মনে করা যাউক যে, শুষ্ক অক্সিজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে—

$$\frac{200 \times 745}{273+27} = \frac{V \times 760}{273}$$

$$V \therefore \frac{200 \times 745 \times 273}{760 \times 300} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 178{\cdot}4 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রের উপর কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল।

উদাহরণ 1. 1.2 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট কাচের নলে পারদের উপর প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 40 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। তখন দেখা গেল যে নলের ভিতর পারদের তল নিম্নের পাত্রে অবস্থিত পারদের তল হইতে 15·6 সেন্টিমিটার উপরে অবস্থিত। সেই সময়ে বায়ুমণ্ডলের চাপ 756 মিলিমিটার ছিল এবং পরীক্ষাগারের উষ্ণতা 31° সেন্টিগ্রেড ছিল। নলের কতখানি দৈর্ঘ্য গ্যাস দ্বারা ভর্তি ছিল তাহা নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক যে, উক্ত অবস্থায় অক্সিজেনের আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার এবং নলের যে দৈর্ঘ্য অক্সিজেন অধিকার করিয়া আছে তাহা l সেন্টিমিটার। অক্সিজেনের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ − নলের ভিতর পারদ স্তম্ভের দৈর্ঘ্য।

= (756 − 156) মিলিমিটার

= 600 মিলিমিটার

বয়েলের ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{40 \times 760}{273} = \frac{V \times 600}{273+31}$$

$$\therefore \quad V = \frac{40 \times 760 \times 304}{273 \times 600} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 56{\cdot}4 \text{ ঘন সেন্টিমিটার;}$$

এক্ষণে দৈর্ঘ্য × প্রস্থচ্ছেদ = আয়তন, $\therefore l \times 1{\cdot}2 = 56{\cdot}4$,

$$l = \frac{56{\cdot}4}{1{\cdot}2} \text{ বা 47 সেন্টিমিটার}$$

উদাহরণ 2. 200 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনকে প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ হইতে 20° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 72 সেন্টিমিটার চাপে লইয়া যাওয়া হইল। উহার আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক V ঘন সেন্টিমিটার উহার পরিবর্তিত আয়তন।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{200 \times 76}{273+0} = \frac{V \times 72}{273+20}$$

অতএব, $V = \frac{200 \times 76 \times 293}{273 \times 72}$ ঘন সেন্টিমিটার $= 226{\cdot}5$ ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 3. 522 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনকে 19° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হইতে 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন তিনগুণ হইয়াছে। পূর্বের চাপ 762 মিলিমিটার হইলে নূতন চাপ কত হইবে?

ধরা যাউক যে, নূতন চাপ = P মিলিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{522 \times 762}{273+19} = \frac{522 \times 3 \times P}{273+100}$$

অথবা, $P = \frac{522 \times 762 \times 373}{292 \times 522 \times 3}$ মিলিমিটার

$= 324{\cdot}46$ মিলিমিটার।

উদাহরণ 4. কোন গ্যাসের উপর চাপের পরিমাণ 760 মিলিমিটার হইতে 1520 মিলিমিটার পর্যন্ত বাড়াইয়া গ্যাসটির আয়তন 4 গুণ বৃদ্ধি করিতে হইলে উষ্ণতা কত করা প্রয়োজন হইবে?

মনে করা যাউক গ্যাসটির আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার এবং উহার উষ্ণতা = 0° সেন্টিগ্রেড। ধরা যাউক যে, বর্ধিত উষ্ণতা = t° সেন্টিগ্রেড।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{760 \times V}{273+0} = \frac{1520 \times 4 \times V}{273+t}$$

অথবা, $\frac{1}{273} = \frac{8}{273+t}$

$\therefore \quad 273 + t = 273 \times 8$

$\therefore \quad t = (273 \times 7)^\circ$ সেন্টিগ্রেড

$= 1911^\circ$ সেন্টিগ্রেড।

উদাহরণ 5. 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 760 মিলিমিটার চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 38। এই গ্যাসটির ঘনত্ব 127° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 2520 মিলিমিটার চাপে কত হইবে ?

আমরা দেখিয়াছি যে, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত উপসূত্র অনুসারে—

$\frac{D_1T_1}{P_1} = \frac{D_2T_2}{P_2}$, যেখানে D_1, T_1, P_1 একটি গ্যাসের ঘনত্ব, উষ্ণতা (পরম স্কেলে) এবং চাপ, এবং অন্য সময়ে D_2, T_2, P_2, সেই গ্যাসেরই ঘনত্ব, উষ্ণতা (পরম স্কেলে) এবং চাপ।

$$\therefore \quad \frac{38 \times (273+27)}{760} = \frac{D_2 \times (273+127)}{1520}$$

$$\therefore \quad D_2 = \frac{38 \times 300 \times 1520}{760 \times 400}$$

$$= 57 \text{।}$$

উদাহরণ 6। বায়ুতে এক ভাগ অক্সিজেন ও 4 ভাগ নাইট্রোজেন (আয়তনিক হিসাবে) মিশ্রিত আছে। বায়ুর মোট চাপ 760 মিলিমিটার। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ কত ?

আংশিক চাপের সূত্রানুসারে অক্সিজেনের আংশিক চাপ + নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ = বায়ুর চাপ

অর্থাৎ, $P_{O_2} + P_{N_2} = 760$ মিলিমিটার

P_{O_2} = বায়ুর চাপের $\frac{1}{5} = \frac{1}{5} \times 760$ মিলিমিটার = 152 মিলিমিটার

P_{N_2} = বায়ুর চাপের $\frac{4}{5} = \frac{4}{5} \times 760$ মিলিমিটার = 608 মিলিমিটার।

Questions

1. State precisely Boyle's Law and express it by an equation.

A gas occupies 100 c.c. under a pressure of 340 mm. If the temperature of the gas be kept constant and the pressure changed to 1000 mm., what volume the gas will occupy ?

[*Ans.* 34 c.c.]

১। "বয়েল সূত্র" সঠিকভাবে উল্লেখ কর এবং সূত্রটি অঙ্ক দ্বারা প্রকাশ কর।

একটি গ্যাসের আয়তন ১০০ ঘন সেন্টিমিটার হয় ৩৪০ মিলিমিটার চাপে। উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখিয়া চাপের পরিমাণ যদি ১০০০ মিলিমিটার করা হয়, তাহা হইলে গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ? [উত্তর : ৩৪ ঘনসেন্টিমিটার]

2. State Charles' Law, What do you understand by "Absolute Zero" and "Absolute temperature" ?

A certain mass of gas occupies 1 litre at 20°C. At what temperature will its volume be 1750 c.c. ?

[*Ans.* 239·8°C.]

২। "চার্লসের সূত্র" উল্লেখ কর। "পরম শূন্ত" এবং "পরম উষ্ণতা" বলিতে কি বুঝায় ? ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন হইল ১ লিটার। কোন্ উষ্ণতায় সেই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন হইবে ১৭৫০ ঘন সেন্টিমিটার ?

[উত্তর : ২৩৯·৮° সেন্টিগ্রেড]

3. Deduce from Boyle's Law the relationship existing between pressure and density of a gas. What is meant by normal temperature and normal pressure ? The density of chlorine at N. T. P. is 3·22 grams/litre. At what pressure will its density be 1 gram/litre ? The temperature is kept fixed at 0°C. [*Ans.* 236 millimetre]

৩। বয়েলের সূত্র হইতে গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের সম্বন্ধ নির্ণয় কর। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা কাহাকে বলে ? প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় ক্লোরিণের ঘনত্ব হইল ৩·২২ গ্রাম/লিটার। কোন্ চাপে উহার ঘনত্ব হইবে ১ গ্রাম/লিটার ? উষ্ণতা ০° সেন্টিগ্রেডে স্থির রাখা হয়।

[উত্তর : ২৩৬ মিলিমিটার]

4. Deduce from Charles' Law the relationship existing between temperature and density of a gas. The density of oxygen at N. T. P. is 1·429 grams per litre. Keeping the pressure fixed at 760 mm., at what temperature will the density of oxygen be 1 gram per litre ?

[*Ans.* 117°C.]

৪। চার্লসের সূত্র হইতে গ্যাসের উষ্ণতা ও ঘনত্বের সম্বন্ধ নির্ণয় কর। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব হইল ১·৪২৯ গ্রাম/লিটার। চাপ স্থিরাঙ্কে (৭৬০ মিলিমিটার) রাখিলে কোন্ উষ্ণতায় উহার ঘনত্ব হইবে ১ গ্রাম/লিটার ? [উত্তর : ১১৭° সেন্টিগ্রেড]

5. Write out the gas equation derived by combining Boyle's and Charles' Laws for gases relating to their volumes, temperatures and pressures.

A certain amount of gas occupies 250 c c. at 20°C and 700 mm. pressure. What volume will the same amount of gas occupy at 5°C and 740 mm. pressure ? [*Ans.* 224 c.c.]

৫। বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র একত্র করিয়া গ্যাসের আয়তন, উষ্ণতা ও চাপ সম্পর্কে যে আংকিক সংকেত পাওয়া যায় তাহা লিখ।

কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও ৭০০ মিলিমিটার চাপে আয়তন হইল ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার। উক্ত পরিমাণ গ্যাসের ৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৪০ মিলিমিটার চাপে আয়তন কত হইবে ? [উত্তর : ২২৪ ঘনসেন্টিমিটার]

6. A certain amount of a gas occupies 500 c.c. at 15°C and 750 mm. pressure. If that amount of gas is to be placed in a vessel of 400 c.c. at 50°C, what pressure is to be applied on the gas ?

[*Ans.* 1051 mm.]

৬। কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন হইল ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার যখন উহার

উষ্ণতা হইল ১৫° সেন্টিগ্রেড এবং চাপ হইল ৭৫০ মিলিমিটার। যদি উক্ত পরিমাণ গ্যাসকে একটি ৪০০ ঘন সেন্টিমিটারের পাত্রে ৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ভর্তি করিতে হয় তবে কত চাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন হইবে? [উত্তর : ১০৫১ মিলিমিটার]

7. The density of a gas at 27°C and 700 mm. pressure is found to be 24(H = 1). What will be its density at 150°C and 1050 mm. pressure? [*Ans.* 25·53]

৭। ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭০০ মিলিমিটার চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব হইল ২৪ (H = ১)। ১৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ১০৫০ মিলিমিটার চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব কত হইবে? [উত্তর : ২৫·৫৩]

8. 3 volumes of hydrogen and 1 volume of nitrogen are mixed together. If at the time of mixing the barometric pressure be 760 mm., what are the partial pressures of the two gases?

[*Ans.* Hydrogen – 570 mm ; Nitrogen—190 mm.]

৮। ৩ আয়তন হাইড্রোজেন এবং ১ আয়তন নাইট্রোজেন পরস্পর মিশ্রিত করা হইল। যদি ঐ মিশ্রণের সময় ব্যারোমিটারের চাপ ৭৬০ মিলিমিটার হয়, তাহা হইলে গ্যাস দুইটির অংশ চাপ কত?

[উত্তর : হাইড্রোজেন : ৫৭০ মিলিমিটার ; নাইট্রোজেন : ১৯০ মিলিমিটার।]

9. By collecting a certain weight of a gas over water at 22°C and 753 mm. pressure, it was found to occupy 130 c.c. The aqueous tension at the temperature of water is 19·66 mm. Find the volume of the gas at N. T. P. [*Ans.* 116 c.c.]

৯। কোনও নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসকে একটি পাত্রে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল এবং দেখা গেল যে, তখনকার উষ্ণতায় (২২° সেন্টিগ্রেড) ও বায়ুমণ্ডলের চাপে (৭৫৩ মিলিমিটার) উহার আয়তন হইল ১৩০ ঘন সেন্টিমিটার। জলের উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ হইল ১৯·৬৬ মিলিমিটার। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

[উত্তর : ১১৬ ঘন সেন্টিমিটার]

10. In a 250 c.c. flask, 150 c.c. of hydrogen under 750 mm. pressure, 75 c.c. of oxygen under 350 mm. pressure and 50 c.c. of nitrogen under 250 mm. pressure are mixed together. Under the condition calculate (a) the partial pressure of each gas and (b) the total pressure of the mixture.

[*Ans.* (*a*) Hydrogen—450 mm. ; Oxygen—105 mm. ; Nitrogen—50 mm. (*b*) 605 mm.

১০। একটি ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের ফ্লাস্কে ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন, ৩৫০ মিলিমিটার চাপে ৭৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং ২৫০ মিলিমিটার চাপে ৫০ ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন মিশ্রিত করা হইল। এই অবস্থায় মিশ্রণের পর (ক) প্রত্যেক গ্যাসের অংশ চাপ এবং (খ) মিশ্রণের সমগ্র চাপ নির্ণয় কর।

[উত্তর : (ক) হাইড্রোজেন : ৪৫০ মিলিমিটার ; অক্সিজেন : ১০৫ মিলিমিটার ; নাইট্রোজেন : ৫০ মিলিমিটার। (খ) ৬০৫ মিলিমিটার।]

11. ·500 cubic metres of a gas are collected over water at 26°C and 755 mm. pressure in a gasholder. What will be the volume of *dry* gas at 10°C and 760 mm. pressure ? Aqueous tension at 26°C = 25 mm.
[*Ans.* 4545000 c.c,]

১১। একটি গ্যাস রাখিবার পাত্রে ৫০০ ঘন মিটার গ্যাস জলের উপর ২৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫৫ মিলিমিটার চাপে সংগ্রহ করা হইল। শুষ্ক অবস্থায় ১০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৬০ মিলিমিটার চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? ২৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = ২৫ মিলিমিটার।

[উত্তর : ৪৫৪৫০০০ ঘন সেন্টিমিটার]

12. 40 c.c. of hydrogen is collected in a graduated gas-measuring tube at 21°C and 760 mm. pressure. The height of water in the tube is 15 cm. What will be the volume of dry hydrogen at N. T. P. ? Aqueous tension at 21°C = 18·5 mm. and the sp.gr. of mercury = 13 6.
[*Ans.* 35·71 c.c]

১২। একটি অংশাঙ্কিত নলে ৭৬০ মিলিমিটার চাপে এবং ২১° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ৪০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। নলের ভিতর জলের তলের উচ্চতা ১৫ সেন্টিমিটার। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? ২১° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = ১৮·৫ মিলিমিটার এবং পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব = ১৩·৬। [উত্তর : ৩৫·৭১ ঘন সেন্টিমিটার]

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে (পৃঃ ২৩)। গে-লুসাক পরীক্ষামূলকভাবে দেখান যে, যখন দুইটি গ্যাসের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং উক্ত বিক্রিয়ার ফলে যখন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় তখন উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন ক্রিয়াশীল গ্যাসসমূহের আয়তনের যোগফলের সমান নাও হইতে পারে। তবে ক্রিয়াশীল গ্যাসসমূহের আয়তনের অনুপাত ও উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনের অনুপাত সরল পূর্ণ সংখ্যা হয়।

এক্ষণে ডালটনের পরমাণুবাদ (পৃঃ ২৪) বলে যে মৌলিক পদার্থের পরমাণুরা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় পরস্পরে মিলিত হয় সরল অনুপাতে, 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3।

আবার গে-লুসাকের সূত্রটিও বলে যে, গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থগুলি রাসায়নিক-ভাবে পরস্পর মিলিত হয় সরল আয়তনিক অনুপাতে, যথা 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3।

আবার বয়েল, চার্লস এবং গে-লুসাক দেখান যে, তাপ ও চাপ পরিবর্তনের ফলে সমস্ত গ্যাসেরই একইভাবে আয়তনিক পরিবর্তন ঘটে। এই সমস্ত বিষয় আলোচনা করিয়া বার্জেলিয়াস (Berzelius) একটি সিদ্ধান্তে উপনীত হন। তাঁহার সিদ্ধান্ত হইল, **"একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তনে সম-সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে।"**

বার্জেলিয়াসের সময়ে পরমাণুই ছিল সকল প্রকার পদার্থের, কি যৌগিক কি মৌলিক—একমাত্র পরিচিত অবিভাজ্য কণা। অণু (molecule) তখন কল্পনার বহির্ভূত ছিল। সেইজন্য হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা ক্লোরিণ ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকে যেমন পরমাণু বলা হইত, তেমনই জলীয় বাষ্প, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা অ্যামোনিয়ার মত যৌগিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকেও পরমাণু বলা হইত। যৌগিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকে ডালটন যৌগিক পরমাণু (compound atom) বলিয়া অভিহিত করেন।

এখন বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে একই চাপ ও উষ্ণতায় এক আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে যত সংখ্যক পরমাণু থাকিবে এক আয়তন অক্সিজেন, নাইট্রিক অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, অ্যামোনিয়া বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্পে ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু থাকিবে। কিন্তু ডালটন এবং গে-লুসাক উভয়েই বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সত্য বলিয়া গ্রহণ করিতে অস্বীকার করেন এবং গে-লুসাক এই সিদ্ধান্তের ত্রুটি দেখাইয়া দেন। গে-লুসাক পরীক্ষা দ্বারা সম্যকভাবে দেখান যে, **এক আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত এক আয়তন ক্লোরিণ রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।** এই পরীক্ষায় তিনটি গ্যাসীয় পদার্থই একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হয়। মনে করা যাউক যে, এক আয়তন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা = n.

∴ বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে

n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিণ = 2n পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

∴ উভয় পক্ষকে n দিয়া ভাগ করিয়া আমরা পাই

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 2 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

∴ 1 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হইয়াছে ½ পরমাণু হাইড্রোজেন এবং ½ পরমাণু ক্লোরিণের সংযোগে।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে **পরমাণু অবিভাজ্য**। সুতরাং যে পরমাণুবাদের উপর নির্ভর করিয়া বার্জেলিয়াস গে-লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্র ব্যাখ্যা করিতে চেষ্টা করিলেন সেই পরমাণুবাদের ভিত্তিতেই তিনি আঘাত করিলেন। তাই সেই সময় ডালটনের পরমাণুবাদ সত্য না গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র সত্য এই বিষয়ে আন্দোলনের সৃষ্টি হইল।

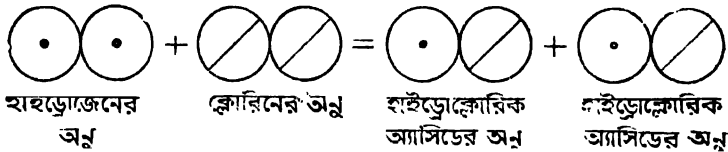
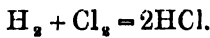
অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis): 1811 খ্রীষ্টাব্দে ইটালির পদার্থ-বিজ্ঞানী অ্যাভোগাড্রো তাঁহার অণুবাদ (Molecular Theory) প্রবর্তন করিয়া ডালটনের পরমাণুবাদ ও গেলুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের (Law of Gaseous Volumes) সম্বন্ধে যে বিরোধের সৃষ্টি হইয়াছিল তাহার অবসান ঘটাইতে সমর্থ হন। তিনি দুই প্রকার চরম কণার বিষয়ে বলেন: (i) যে সমান ধর্ম-বিশিষ্ট চরম কণা স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে তাহাকে তিনি অণু বলিয়া অভিহিত করেন। অণু বিভাজ্য বা অবিভাজ্য হইতে পারে। প্রত্যেক পদার্থ যৌগিক বা মৌলিক, অণুর সমষ্টি। (ii) আর যে চরম কণা রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং এক যৌগ হইতে অন্য যৌগে স্থানান্তরিত করা যায় তাহাকে তিনি **পরমাণু** বলেন। পরমাণু সর্ব অবস্থাতেই মৌলিক পদার্থের হয় এবং পরমাণু অবিভাজ্য। ইহারা স্বাধীনভাবে নাও থাকিতে পারে। সাধারণতঃ দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমবায়ে অণু গঠিত হয়। গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর তাহার অণুই বর্তমান থাকে এবং দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অণু বিভক্ত হইয়া পরমাণুর সৃষ্টি করে এবং পরমাণুগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া নূতন যৌগ পদার্থের অণু গঠন করে। তাই গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে অণুর সম্বন্ধ বিদ্যমান, পরমাণুর নহে। ডালটন তাঁহার পরমাণুবাদ প্রবর্তন করার পর বিজ্ঞানী-গণের মনে ধারণা হইয়াছিল যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণ গ্যাসে তাহাদের পরমাণুগুলি এককভাবে ইতস্তত ঘুরিয়া বেড়ায়। যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ গ্যাস রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় তখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিণ পরমাণু যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের পরমাণু উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রথম যৌগের গঠন সম্পর্কে বিজ্ঞানীদের এই ধারণা ভুল বলেন। তিনি বলেন যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণের ভিতর তাহাদের পরমাণুগুলি একক অবস্থায় থাকে না, তাহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া অণু উৎপাদন করে। (পরে দেখান হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণ বা যে-কোন মৌলিক গ্যাসের অণুতে সাধারণতঃ দুইটি করিয়া পরমাণু থাকে)। যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় তখন তাহাদের অণু হইতে পরমাণু উৎপন্ন হইয়া পরস্পর যুক্ত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের নূতন অণু সৃষ্টি করে।

নিম্নের চিত্র দেখিলে উপরের উল্লিখিত বিষয় সহজে বোধগম্য হইবে।

চিত্র নং 34

সাংকেতিক সমীকরণ হইতেছে

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

সুতরাং অ্যাভোগাড্রো অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সংশোধন করিয়া নিম্নলিখিত প্রকল্প প্রবর্তিত করেন :

"একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসীয় পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) সমান আয়তনে একই সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।"

মনে করা যাউক যে, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1000 ঘন সেন্টিমিটার বা 1 লিটার আয়তন হাইড্রোজেনে n অণু আছে। তাহা হইলে পৃথিবীতে যত গ্যাস বা বাষ্প আছে—তাহা মৌলিকই হউক বা যৌগিকই হউক—প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে তাহাদের 1000 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনে n অণু থাকিবে।

এই প্রকল্প ডালটনের পরমাণুবাদের এবং গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ভিতর সমন্বয় সাধন করিয়াছে। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণের রাসায়নিক সংযোগে দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ধরা যাউক পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে।

তাহা হইলে সেই অবস্থার এক আয়তন ক্লোরিণে n সংখ্যক অণু আছে এবং দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে 2n সংখ্যক অণু থাকে।

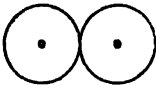
∴ n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু + n সংখ্যক ক্লোরিণ অণু = 2n সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

∴ n দিয়া ভাগ করিয়া পাওয়া যায়

হাইড্রোজেনের একটি অণু + ক্লোরিণের একটি অণু = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের দুইটি অণু।

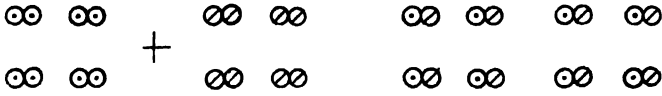
∴ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের একটি অণুতে হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু এবং ক্লোরিণের $\frac{1}{2}$ অণু থাকে। ইহা পরমাণুবাদের বিরুদ্ধ মত নয়, কারণ পরমাণুই অবিভাজ্য, কিন্তু অণু বিভাজ্য। পরে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া এবং অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা দেখান হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন অণু এবং ক্লোরিণের অণু তাহাদের দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। অতএব তাহাদের $\frac{1}{2}$ অণু = 1 পরমাণু।

অতএব হাইড্রোজেনের 1 পরমাণু + ক্লোরিণের 1 পরমাণু = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের 1 অণু।

চিত্র দ্বারা এই বিষয়টি সহজেই বোধগম্য করা যায়। ধরা যাউক

মনে করা যাউক 1 ঘন আয়তন হাইড্রোজেনে 4টি হাইড্রোজেন অণু আছে

তাহা হইলে 1 ঘন আয়তন ক্লোরিণে 4টি ক্লোরিণের অণু আছে এবং 2 ঘন আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে 8টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু থাকিবে। যথা,

ꝏ ꝏ + ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘

ꝏ ꝏ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘

১ ঘন আয়তন হাইড্রোজেন দুই ঘন আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

যদিও অ্যাভোগাড্রো 1811 খ্রীষ্টাব্দে এই প্রকল্প প্রকাশিত করেন তাহা হইলেও প্রায় চল্লিশ বছর পর্যন্ত ইহা অজ্ঞাতই থাকিয়া যায়। অ্যাভোগাড্রোর মৃত্যুর পর তাঁহার স্বদেশীয় ও ছাত্র ক্যান্নিজ্জারো এই প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্রের সত্যতা সপ্রমাণ করেন এবং ইহার সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব তাহাও দেখান। তাহার ফলেই অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রতিষ্ঠালাভ করে। অ্যাভোগাড্রোর এই মতবাদটি প্রথমে নিছক কল্পনামাত্র ছিল। তাই এই মতবাদকে প্রথমে প্রকল্প (Hypothesis) বলা হইত। কিন্তু প্রত্যক্ষভাবে না হইলেও পরোক্ষভাবে প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অভ্রান্ততা প্রমাণিত হইয়াছে। তাই **এখন অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পকে অ্যাভোগাড্রোর সূত্র (Avogadro's Law) বলা হয়।**

অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধন ঃ

ডালটনের ধারণা ছিল পরমাণুই পদার্থমাত্রেরই একমাত্র অবিভাজ্য-কণা। সেইজন্য হাইড্রোজেন পরমাণু, জলের পরমাণু এইরূপ প্রয়োগ দেখা যাইত। কিন্তু অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের ফলে জানা যায় যে, পরমাণু মৌলিক পদার্থের সর্বনিম্ন কণা বটে, কিন্তু মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যে সর্বনিম্ন কণাকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় তাহা তাহাদের পরমাণু হিসাবে নয়, অণু হিসাবে।

অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদ রসায়ন-বিজ্ঞানে যুগান্তর আনয়ন করিয়াছে। ইহার সাহায্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া সহজে অনুধাবন করা যায়। অণুবাদ গৃহীত হইবার

পর ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধিত হইয়া নূতনভাবে নিম্নলিখিতরূপে লিখি হইয়াছে :

(1) মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ প্রকৃতিতে স্বাধীন সত্তায় অণুদ্বারা গঠিত হয় অণু-অবিভাজ্য পরমাণুদ্বারা গঠিত হয়।

(2) একই পদার্থের—কি মৌলিক কি যৌগিক—প্রত্যেক অণুর ভর ও ধর্ম এ হয়। কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভর বিভিন্ন এবং ধর্মও বিভিন্ন।

(3) মৌলের অণুগুলি একই প্রকার পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগের অণুগুি বিভিন্নপ্রকার মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত।

(4) রাসায়নিক সংযোগের সময় প্রত্যেক পদার্থের অণু পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এই বিশ্লিষ্ট পরমাণুগুলি পরস্পরে নির্দিষ্ট অনুপাতে নূতনভাবে সংযুক্ত হইয়া নূত অণু গঠন করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উপকারিতা :

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প রসায়নশাস্ত্রে একটি বিশিষ্ট পরিবর্তন আনয়ন করে। ইঃ নানাভাবে রসায়ন-চর্চায় এবং রসায়ন-শাস্ত্রের প্রসারতায় সাহায্য করে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পটি প্রয়োগ করিয়া নিম্নলিখিত বিশেষ প্রয়োজনীয় অনুসিদ্ধান্ত গুলি (Deductions) পাওয়া গিয়াছে :—

(1) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক (diatomic)।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন তাহার বাষ্পীয়-ঘনত্বের দ্বিগু (M = 2D)।

(3) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের গ্রাম-অণু পরিমাণের (gram molecular weight) আয়তন একই হয় এবং তাহা 22·4 লিটার।

(4) গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি (volumetric composition) পরীক্ষ দ্বারা নির্ণয় করিয়া এবং উক্ত গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্বও পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করিয় উক্ত গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করিতে ইহার প্রয়োগ।

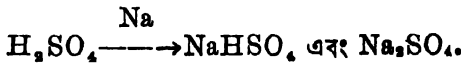
(5) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ভাবনে ইহা প্রয়োগ।

প্রকল্পের প্রয়োগগুলি একে একে নিম্নে দেখান হইল :

(1) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক : (ক) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ-গ্যাসের আণবিক সংকেত :

পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। ইহা হইতে (পূর্বেই দেখান হইয়াছে) পাওয়া যায় যে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু গঠন করে। অণু সকল পরমাণুর সমষ্টি, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের এক অণুতে অন্ততঃ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি ক্লোরিণ পরমাণু আছে। যেহেতু আমরা দেখিয়াছি যে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণু গঠনে লাগিয়াছে, সেই হেতু আমরা বলিতে পারি যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণের অণুতে অন্ততঃ তাহাদের দুইটি করিয়া পরমাণু আছে।

এক্ষণে প্রত্যেক অ্যাসিডের অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। অ্যাসিডের অণুতে যে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তাহা ধাতুর পরমাণু বা ধাতুকল্প-যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে ততগুলি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন সলফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু (ইহার আণবিক সংকেত H_2SO_4) আছে এবং সোডিয়াম দ্বারা হাইড্রোজেনের পরমাণু দুইটি পর পর প্রতিস্থাপিত হইলে দুইটি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয়। যথা,

$$H_2SO_4 \xrightarrow{Na} NaHSO_4 \text{ এবং } Na_2SO_4.$$

সেইরূপ H_3PO_4 (ফসফোরিক অ্যাসিড) $\xrightarrow{Na}$ NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_3PO_4.

কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সোডিয়ামের বিক্রিয়ার ফলে একটিমাত্র লবণ পাওয়া যায়, অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিডে যে হাইড্রোজেন আছে তাহা এক দফায় সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। অতএব হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিডের অণুতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

∴ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন = 1 হাইড্রোজেন পরমাণু।

∴ হাইড্রোজেনের অণুতে মাত্র দুইটি পরমাণু আছে।

এইভাবে দেখান যায় যে, ক্লোরিণের অণুতে মাত্র দুইটি ক্লোরিণ পরমাণু আছে

(খ) হাইড্রোজেনের মত অক্সিজেন অণুও দ্বি-পরমাণুক।

পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, এক আয়তন অক্সিজেন দুই আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। যদি গ্যাসের 1 আয়তনে n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে (পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায় ও চাপে), তাহা হইলে

n অণু-অক্সিজেন + 2n অণু হাইড্রোজেন = 2n অণু জলীয় বাষ্প

অথবা, 1 অণু অক্সিজেন + 2 অণু হাইড্রোজেন = 2 অণু জলীয় বাষ্প।

∴ $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন + 1 অণু হাইড্রোজেন = 1 অণু জলীয় বাষ্প।

অর্থাৎ, জলীয় বাষ্পের একটি অণুতে $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন আছে। অতএব অক্সিজেন অণুতে অন্ততঃ দুইটি পরমাণু থাকা প্রয়োজন। এক্ষণে জলীয় বাষ্প হইতে ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে এক দফায় অক্সিজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। কাজেই জলীয় বাষ্পের অণুতে অক্সিজেনের মাত্র এক পরমাণু বর্তমান বলিয়া মনে করা হয়।

∴ $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 পরমাণু অক্সিজেন।

∴ অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

এইভাবে মৌলিক গ্যাসগুলি প্রায়ই দ্বি-পরমাণুক বলিয়া প্রমাণ করা হইয়াছে এই উক্তির সত্যতা আরও বিভিন্ন উপায়ে প্রমাণিত হইয়াছে।

কাজেই হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও ক্লোরিণের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2, O_2, N_2 ও Cl_2 লেখা হয়।

(2) গ্যাসের আণবিক ওজন = 2 × তাহার বাষ্পীয় ঘনত্ব (M = 2D)

কোন গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব বলিতে একই উষ্ণতায় ও চাপে উহা সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা উহা কতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়।

অতএব, সংজ্ঞা অনুসারে

$$\text{কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{X আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{X আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

(একই উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন মাপিয়া)

এক্ষণে বাষ্পীয় ঘনত্বকে D দ্বারা বুঝাইয়া এবং X আয়তন গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে মনে করিয়া আমরা লিখিতে পারি।

$$D = \frac{\text{গ্যাসের n অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের n অণুর ওজন}} \text{ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)}$$

$$= \frac{\text{n} \times \text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{n} \times \text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

(যেহেতু হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}}{2}$$

$$= \frac{M}{2}$$ (গ্যাসের আণবিক ওজন M দ্বারা প্রকাশ করিয়া)

$$\therefore \quad M = 2D$$

দ্রষ্টব্য ঃ মনে রাখিতে হইবে যে কোনও পদার্থের আণবিক ওজন বলিতে বুঝায় যে ঐ পদার্থের এক অণু হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর তুলনায় কতগুণ ভারী।

(3) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন একই হয় এবং তাহা 22·4 লিটার ঃ

যে-কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত হয় তাহাকে গ্রামে (gramme, সংক্ষেপে gram) প্রকাশ করিলে উহাকে পদার্থটির **গ্রাম-অণু** বলা হয়। যথা, জলের আণবিক গুরুত্ব 18, তাই এক গ্রাম-অণু জল বলিতে আমরা 18 গ্রাম জল বুঝি।

পারমাণবিক গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্বকে এক ধরা হয়। ইহার কারণ হাইড্রোজেন লঘুতম পদার্থ। হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক অর্থাৎ উহার অণুতে দুইটি পরমাণু বিদ্যমান। অতএব, হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব = 2। দুই গ্রাম হাইড্রোজেন বলিতে আমরা 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন বুঝি।

(ক) মনে করা যাউক একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন = W গ্রাম। অতএব, হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন = 2W গ্রাম = হাইড্রোজেনের গ্রাম-অণু।

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের অণুর সংখ্যা $= \frac{2}{2W} = \frac{1}{W}$.

(খ) আবার পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল 9। অতএব জলীয় বাষ্পের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 9 = 18$, অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের একটি অণু হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

∴ জলীয় বাষ্পের একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 18W গ্রাম = এক গ্রাম-অণু জলীয় বাষ্প।

∴ এক গ্রাম-অণু জলীয় বাষ্পে অণুর সংখ্যা $= \frac{18}{18W} = \frac{1}{W}$

(গ) পরীক্ষায় পাওয়া যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 22। অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$।

∴ কার্বন-ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 44W গ্রাম

= এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড।

∴ এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর প্রকৃত সংখ্যা

$= \frac{44}{44W} = \frac{1}{W}$

অতএব (ক), (খ) এবং (গ) হইতে দেখা যাইতেছে যে, যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা সমান হয়। এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro Number) বলা হয়। নানা উপায়ে পরীক্ষালব্ধ জ্ঞান হইতে গণনা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, যে কোন গ্যাসের গ্রাম-অণুতে তাহার অণুর সংখ্যা $6{\cdot}06 \times 10^{23}$।

আবার অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে একই হইবে, কারণ ইহাতে অণুর সংখ্যা একই হয়। সুতরাং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন একই হইবে। এই আয়তন নিম্নলিখিতভাবে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গাণিতিক উপায়ে স্থির করা হইয়াছে :

(ক) হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণু = 2 গ্রাম।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন ওজন করিয়া দেখান হইয়াছে তাহার ওজন 0·08986 গ্রাম = 0·09 গ্রাম আসন্ন দ্বিতীয় দশমিক পর্যন্ত

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের আয়তন

$\frac{2}{0{\cdot}09}$ লিটার = 22·2 লিটার

(খ) জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 9

∴ জলীয় বাষ্পের এক গ্রাম-অণু = 18 গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (যদি জলীয় বাষ্প বাষ্প-অবস্থায় থাকে)

1 লিটার জলীয় বাষ্পের ওজন হইবে $9 \times 0{\cdot}09$ গ্রাম (সংজ্ঞা অনুসারে)।

∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণুর আয়তন $= \frac{18}{9 \times 0{\cdot}09}$ লিটার

$= \frac{2}{0{\cdot}09}$ লিটার $= 22{\cdot}2$ লিটার।

(গ) কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 22$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক গ্রাম-অণু $= 22 \times 2$ গ্রাম $= 44$ গ্রাম।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন হইবে $2 \times 0{\cdot}09$ গ্রাম,

∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন

$= \frac{44}{22 \times 0{\cdot}09}$ লিটার $= 22{\cdot}2$ লিটার ;

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন হইবে 22·2 লিটার।

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1 না ধরিয়া যদি অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16 ধরিয়া হিসাব করা যায়, তবে যে কোন গ্যাসের গ্রাম-অণুর আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·2 লিটারের পরিবর্তে 22·4 লিটার হইবে। তাহার কারণ অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হইবে 1·008 এবং হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন হইবে 2·016 এবং এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের (2·016 গ্রাম) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে

$$\frac{2{\cdot}016}{0{\cdot}09} \text{ লিটার} = 22{\cdot}4 \text{ লিটার।}$$

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 76 সেন্টিমিটার পারদের চাপে 22·4 লিটার পরিমাণ আয়তনের যে কোন গ্যাসের ওজন গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহা উক্ত গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর সমান এবং সেই সংখ্যাটি পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করে। যথা, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার অক্সিজেনের ওজন হইল 32 গ্রাম। এখন এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন = 32 গ্রাম এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব = 32।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটারকে যে কোন গ্যাসের **গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram-molecular volume)** বলে, কারণ যে কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলে সেই পরিমাণ গ্যাসটি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তনের হইবে।

(4) আয়তনিক সংযুতি হইতে যৌগিক গ্যাসের আণবিক সংকেত (Molecular formula of a compound gas from its volumetric composition) :

(ক) **নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত :** পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে, এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে এক আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন থাকে। মনে করা যাউক যে, এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে n সংখ্যক অণু আছে। অতএব

n সংখ্যক নাইট্রাস অক্সাইডের অণুতে n সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু আছে
(অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে),

∴ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে এক অণু নাইট্রোজেন থাকে। কিন্তু নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে),

∴ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 2 পরমাণু নাইট্রোজেন আছে।

সুতরাং ইহার সংকেত হইল N_2O_x, এখানে x = অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা এবং সেইহেতু একটি পূর্ণসংখ্যা।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ওজন হইবে $2 \times 14 + 16 \times x$; এক্ষণে পরীক্ষাদ্বারা পাওয়া যায় যে, নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 22। অতএব ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)

$$\therefore \quad 28 + 16x = 44$$

$$\therefore \quad 16x = 16$$

$$\therefore \quad x = 1$$

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত হইল N_2O.

(খ) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক সংকেত :** পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। মনে করা যাউক যে, এক আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে। অতএব অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে,

n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু + n সংখ্যক ক্লোরিণ অণু = 2n সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু।

$\therefore$ 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিণ = 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

এক্ষণে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রথম অনুসিদ্ধান্ত অনুসারে হাইড্রোজেন অণু এবং ক্লোরিণ অণু দ্বি-পরমাণুক

$\therefore$ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

$\therefore$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত হইল $(HCl)_x$ যেখানে x একটি পূর্ণসংখ্যা।

$\therefore$ ইহার আণবিক ওজন হইল $(1 + 35.5)_x$

পরীক্ষামূলক ভাবে জানা আছে যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 18·25। অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক ওজন

$$= 2 \times 18{\cdot}25 = 36{\cdot}5$$

$$\therefore \quad (36{\cdot}5)_x = 36{\cdot}5$$

$$\therefore \quad x = 1$$

অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত হইল HCl.

(5) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়।

পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের তুলনায় অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু যতগুণ ভারী হয় সেই সংখ্যাকে মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন বলা হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন এক ধরা হয়, কারণ হাইড্রোজেন হইল লঘুতম মৌল, এবং সেই কারণে যে সংখ্যা দিয়া এই ওজনকে গুণ করিলে অন্য মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন পাওয়া যায় তাহাই উক্ত অন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন।

অতএব মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{\text{মৌলিক পদার্থের এক পরমাণুর প্রকৃত ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর প্রকৃত ওজন}}$$

সেই কারণে যাহাকে আমরা মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন বলি তাহা আপেক্ষিক সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই।

মৌলিক পদার্থের এই পারমাণবিক ওজনকে অন্যভাবেও প্রকাশ করা যায়। একটি মৌলিক পদার্থ অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অনেক

প্রকার যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করিয়া থাকে। এইরূপে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থগুলির অণুতে উক্ত একটি মৌলিক পদার্থের এক, দুই, তিন বা তারও বেশী পরমাণু থাকিতে পারে। কিন্তু যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, তাই উক্ত মৌলিক পদার্থ হইতে উৎপন্ন যৌগগুলিতে অন্ততঃপক্ষে উক্ত মৌলের একটি পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। কার্বনের অনেক যৌগ জানা আছে, যথা, কার্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2), কার্বন মনোক্সাইড (CO), মিথেন (CH_4), ইথিলিন (C_2H_4), অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) প্রভৃতি। কিন্তু কার্বনের এমন কোন যৌগ জানা নাই যাহাতে কার্বনের একটি পরমাণু অপেক্ষা কম কার্বন আছে। সুতরাং কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিতে আমরা বুঝি যে, উক্ত মৌলের যতগুলি যৌগ জানা আছে তাহাদের আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলের যে সর্বাপেক্ষা কম ওজন দেখিতে পাওয়া যায় তাহাই উক্ত মৌলের একটি পরমাণুর ওজন, অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন।

পারমাণবিক ওজনের এই সংজ্ঞা অবলম্বন করিয়া অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি প্রথমে উদ্ভাবন করেন অ্যাভোগাড্রোর স্বদেশীয় ও ছাত্র ক্যান্নিজারো।

এই পদ্ধতি নিম্নলিখিতভাবে প্রয়োগ করা হয়।

(ক) প্রথমতঃ, যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইবে তাহার অনেকগুলি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

(খ) দ্বিতীয়তঃ, উক্ত গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক পদার্থগুলির বাষ্পীয় ঘনত্ব পরীক্ষা দ্বারা মাপিয়া তাহাদের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। ($2 \times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব = আণবিক ওজন)।

(গ) তৃতীয়তঃ, উক্ত যৌগিক পদার্থগুলির বিশ্লেষণ দ্বারা তাহাদের আণবিক ওজনের ভিতর মৌলিক পদার্থের কত ওজন বিদ্যমান আছে তাহা স্থির করা হয়।

(ঘ) চতুর্থতঃ, এই বিশ্লেষণের ফলে বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের ভিতর মৌলিক পদার্থটির যে ন্যূনতম ওজন দেখিতে পাওয়া যায়—তাহাই সেই মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন।

উপরের নিয়মানুসারে নিম্নে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিয়া দেখান হইল।

(i) **অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ঃ** অক্সিজেন অনেক যৌগিক পদার্থ গঠন করে এবং তাহার অনেকগুলিই গ্যাস বা উচ্চ উষ্ণতায় গ্যাসীয়

অবস্থায় পরিবর্তিত করা যায়। কাজেই তাহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব সহজেই পরীক্ষা-মূলকভাবে নির্ণয় করা যায়। তাহাদের বিশ্লেষণের ফলে পাওয়া যায়:

অক্সিজেনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে অক্সিজেনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে অক্সিজেনের ওজন
জল	9	18	88·8	16
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	53·3	16
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	72.73	32
সলফার ডাই-অক্সাইড	32	64	50	32
সলফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	60	48

অতএব অক্সিজেনের উদ্ধৃত যৌগগুলির অণুর ভিতর অক্সিজেনের ন্যূনতম ওজন হইল 16, সুতরাং 16 হইল অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন। যদি কখনও অক্সিজেনের এমন কোন যৌগিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয় যাহার এক অণুতে অক্সিজেনের পরিমাণ 16 অপেক্ষা কম হয়, তখন অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন সেই ন্যূনতম সংখ্যা হইবে। যতদিন সেইরূপ অক্সিজেনের কোন যৌগ আবিষ্কৃত না হয় ততদিন 16কেই অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন ধরা হইবে।

(ii) **কার্বনের পারমাণবিক ওজন:** কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ বা সহজে গ্যাসে পরিণত করা যায় এমন যৌগ লইয়া তাহাদের বাষ্পীয়-ঘনত্ব নির্ণয় করা হয় এবং বিশ্লেষণ করিয়া তাহাদের এক অণুতে কার্বনের পরিমাণ নির্ধারণ করিলে দেখা যায়:

কার্বনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে কার্বনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে কার্বনের
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	42·86	12
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	27·27	12
মিথেন	8	16	75·C0	12
ইথিলিন	14	28	85·71	24
অ্যাসিটিলিন	13	26	92·3	24

কার্বনের বিভিন্ন যৌগের অণুর ভিতর কার্বনের নিম্নতম ওজন 12 ; সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12।

(iii) **নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজনঃ—**

নাইট্রোজেনের ওজন	বাষ্পায় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে নাইট্রোজেনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে নাইট্রোজেনের ওজন
অ্যামোনিয়া	8·5	17	82·35	14
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	63·63	28
নাইট্রিক্ অক্সাইড	15	30	46·67	14
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	38	76	36·85	28
নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড	23	46	60·87	14

নাইট্রোজেনের যৌগগুলির মধ্যে নাইট্রোজেনের নিম্নতম ওজন হইল 14 ; অতএব নাইট্রোজেনের পারমাণমিক ওজন হইল 14।

গ্রাম-আণবিক ওজনঃ মৌলিক পদার্থের পরমাণুর অথবা অণুর ওজন অতিশয় নগণ্য কারণ তাহারা অতিশয় ক্ষুদ্র। সেই কারণে তুলাদণ্ড (Balance) ব্যবহার করিয়া তাহাদের প্রকৃত ওজন নির্ণয় করা যায় না। সেই কারণে কোন মৌলের পরমাণুর ওজন তুলনামূলকভাবে নির্দ্ধারণ করা হয়। লঘুতম মৌল হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজনকে একক ধরিয়া অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় কত গুণ তাহাই নির্ণয় করিয়া তুলনামূলকভাবে উক্ত মৌলের পারমাণবিক ওজন প্রকাশ করা হয়। তাই যখন বলা হয় ক্লোরিণের পারমাণবিক ওজন 35·5, তখন বুঝিতে হইবে যে, ক্লোরিণের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর তুলনায় 35·5 গুণ ভারী।

কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইলে সেই মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে কোন্ মৌলের কতগুলি পরমাণু আছে জানিয়া সেই পরমাণুগুলির ওজন যোগ করিলে আণবিক ওজন পাওয়া যায়। যথা, অক্সিজেনের অণুতে তাহার দুইটি পরমাণু বিদ্যমান এবং ইহার আণবিক সংকেত হইল O_2 ; অতএব ইহার আণবিক ওজন 2×16 অথবা 32। জলের আণবিক সংকেত H_2O ;

ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 16 = 18$। যেহেতু পারমাণবিক ওজনসমূহ যোগ করিয়া পদার্থের আণবিক ওজন পাওয়া যায়, সেই হেতু আণবিক ওজনও হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনামূলক ওজন মাত্র।

তাই কোন পদার্থের আণবিক ওজন $= \dfrac{\text{পদার্থের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$.

ইহাও একটি সংখ্যা মাত্র, ইহার একক নাই।

রাসায়নিক গণনার সুবিধার জন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন এবং মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন গ্রামে (Gramme, ছোট করিয়া বলা হয় Gram) প্রকাশ করা হয়। গ্রামই ওজনের বৈজ্ঞানিক একক।

গ্রাম-পরমাণু ঃ কোন মৌলের পরমাণুর ওজন যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয়, তখন তত গ্রাম ওজনের মৌলিক পদার্থকে বলা হয় এক **গ্রাম-পরমাণু (Gram atom)** এবং গ্রামে প্রকাশিত উহার পারমাণবিক ওজনকে বলা হয় **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (Gram atomic-weight)**।

গ্রাম-অণু ঃ—তেমনই কোন মৌল বা যৌগ পদার্থের অণুর ওজন যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয় তখন সেই তত গ্রাম ওজনের উক্ত পদার্থকে বলা হয় এক **গ্রাম-অণু (Gram molecule)** এবং গ্রামে প্রকাশিত উহার অণুর ওজনকে বলা হয় **গ্রাম-আণবিক ওজন (Gram molecular-weight)**।

পূর্বে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার কথা বলা হইয়াছে। ইহা দ্বারা আমরা বুঝি অণুর সংখ্যা যাহা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে প্রকাশিত গ্রাম-অণুর আয়তনে (22·4 লিটার) থাকে। এই আয়তনে অণুর সংখ্যা হইল $6{\cdot}06 \times 10^{23}$। হাইড্রোজেনের গ্রাম-অণু বলিতে আমরা 2·018 গ্রাম হাইড্রোজেনকে বুঝি। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার আয়তন 22·4 লিটার হয়। তাহার ভিতর ইহার অণুর সংখ্যা $6{\cdot}06 \times 10^{23}$।

অতএব হাইড্রোজেনের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $\dfrac{2{\cdot}016}{6{\cdot}06 \times 10^{23}}$ গ্রাম $= 0{\cdot}3327 \times 10^{-23}$ গ্রাম এবং যেহেতু হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক, হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন হইল $0{\cdot}1663 \times 10^{-23}$ গ্রাম বা ·000,000,000,000,000, 000,000,001,663 গ্রাম। যেহেতু অন্যান্য পরমাণুর ওজন হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় নির্ণয় করা হয়, তাই ম্যাগনেসিয়ামের পরমাণুর ওজন হইবে : $0{\cdot}1663 \times 10^{-23} \times 24$ গ্রাম $= 3{\cdot}984 \times 10^{-23}$ গ্রাম $=$ 0·000,000,000,000,000,

.000,000,039,84 গ্রাম। এই সংখ্যাগুলি এত ক্ষুদ্র যে রাসায়নিক গণনায় তাহাদের ব্যবহার কষ্টসাধ্য এবং মূল্যহীন, কারণ এত ক্ষুদ্রসংখ্যার কোন ধারণা করা যায় না। তাই হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন এক ধরিয়া অন্য সমস্ত মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করা হয় এবং সেই সংখ্যাগুলি রাসায়নিক গণনায় ব্যবহার করা হয়।

পূর্বে দেখান হইয়াছে যে, গ্রাম-আণবিক আয়তন (অর্থাৎ যখন কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন গ্রামে প্রকাশ করা হয় তখন তাহার আয়তন) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার হয়। অর্থাৎ যে কোন গ্যাসের 22·4 লিটার বা 22,400 ঘন সেন্টিমিটারের ওজন তাহার গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজনের সমান হয়।

অঙ্ক ঃ উদাহরণ 1। অ্যামোনিয়ার গ্রাম-আণবিক ওজন কত ?

অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত হইল NH_3 ; অতএব ইহার গ্রাম-আণবিক ওজন $= (14 + 3 \times 1)$ গ্রাম $= 17$ গ্রাম।

উদাহরণ 2। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার অ্যামোনিয়ার ওজন কত হইবে ?

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার বা 22400 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের অ্যামোনিয়ার ওজন হইবে 17 গ্রাম (গ্রাম-আণবিক ওজন)।

∴ 1 ঘন সেন্টিমিটার অ্যামোনিয়ার ওজন $= \frac{17}{22400}$ গ্রাম

∴ 100 " " " " $= \frac{17 \times 100}{22400}$ গ্রাম

$= \frac{17}{224}$ গ্রাম $= 0·0759$ গ্রাম।

উদাহরণ 3। 2 গ্রাম মিথেনের 27° সেন্টিগ্রেড ও 750 মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে ?

মিথেনের (CH_4) গ্রাম-আণবিক ওজন হইল $(12 + 4 \times 1)$ গ্রাম বা 16 গ্রাম। 16 গ্রাম মিথেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (0° সেন্টিগ্রেড ও 760 মিলিমিটার চাপ) আয়তন হয় 22·4 লিটার বা 22400 ঘন সেন্টিমিটার। অতএব 2 গ্রাম মিথেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে $\frac{22400}{16} \times 2$ ঘন সেন্টিমিটার $= 2800$ ঘন সেন্টিমিটার।

মনে করা যাউক যে, 27° সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে ইহার আয়তন হয় V ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{2800 \times 760}{273+0} = \frac{V \times 750}{273+27}$$

$$V = \frac{2800 \times 760 \times 300}{750 \times 273} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 3117{\cdot}9 \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

উদাহরণ 4। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাসের ওজন দেখা গেল 3·1964 গ্রাম। গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন স্থির কর। যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হইল 22400 ঘন সেন্টিমিটার অর্থাৎ 22400 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন হইবে তাহার গ্রামে প্রকাশিত অণুর ওজন।

এখানে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন = 0·1964 গ্রাম,

∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22400 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন হইবে $0{\cdot}1964 \times 224$ গ্রাম = 44 গ্রাম,

অতএব গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন = 44 গ্রাম।

উদাহরণ 5। একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 30, উক্ত গ্যাসের 20 গ্রামের 27° সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে? গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 30 ; অতএব তাহার আণবিক ওজন = $2 \times 30 = 60$।

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 60 গ্রাম গ্যাসের আয়তন হইবে 22·4 লিটার = 22400 ঘন সেন্টিমিটার।

গ্যাসটির 20 গ্রামের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে $\frac{22{\cdot}4 \times 20}{60}$ লিটার = $\frac{22{\cdot}4}{3}$ লিটার,

মনে করা যাউক যে উক্ত গ্যাসের 27° সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে আয়তন হইবে V লিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{V \times 750}{273+27} = \frac{\frac{22 \cdot 4}{3} \times 760}{273+0}$$

$$\therefore \quad V = \frac{22 \cdot 4}{3} \times \frac{760 \times 300}{750 \times 273} \text{ লিটার} = 8 \cdot 31 \text{ লিটার}$$

Qnestions

1. State Gay Lussac's law of gaseous volumes and explain it with examples.

১। গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্রটির সংজ্ঞা লিখ এবং উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

2. What hypothesis was enunciated by Berzelius for correlating Dalton's Atomic Theory and Gay Lussac's law of gaseous volumes; Show the inadequacy of this hypothesis in explaining the volumetric composition of hydrogen chloride.

ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের সূত্রের সমন্বয় সাধন করিতে বার্জেলিয়াস সিদ্ধান্ত উপস্থাপিত করেন? হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক গঠনের ব্যাখ্যা করিতে উক্ত সিদ্ধান্তের ব্যর্থতা দেখাইয়া দাও।

3. What hypothesis was stated in order to correlate Dalton's Atomic Theory with Gay Lussac's Law of Gaseous Volumes? State precisely that hypothesis.

৩। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের সহিত গে-লুসাকের সূত্রের সমন্বয় সাধন করিবার জন্য কোন্ সূত্র উপস্থাপিত করা হয়? সূত্রটি যথাযথভাবে উল্লেখ কর।

4. What is Avogadro's hypothesis? How can this hypothesis be used to explain Gay Lussac's law of Gaseous volumes?

৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কি? অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প দ্বারা কিভাবে গে-লুসাকের গ্যাস আয়তনিক সূত্র ব্যাখ্যা করা যায়?

5. State Avogadro's hypothesis.

One volume of hydoogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas (the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure). Deduce the formula of hydrochloric acid gas from this observation, given that the molecules of hydrogen and of chlorine are diatomic.

6. What is the difference between an atom and a molecule? How does Dalton's Atomic Theory stand modified in the light of the molecular theory of matter?

৬। অণু ও পরমাণুর পার্থক্য কি? অণুবাদের দ্বারা কিভাবে ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধিত করা হইয়াছে?

7. What are the important deductions arrived at from Avogadro's hypothesis? "The molecular weight of any gas is twice its gaseous density"—deduce the above statement from Avogadro's hypothesis.

৭। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে কি কি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত করা সম্ভব হইয়াছে? "যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন তাহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ"—এই উক্তিটি অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে প্রমাণ কর।

8. The molecules of hydrogen and oxygen are stated to be diatomic. Prove the truth of the statement with the help of Avogadro's hypothesis.

৮। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অণুকে—"দ্বিপরমাণুক" বলা হয়। এই উক্তির যাথার্থ্য অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প দ্বারা প্রমাণ কর।

9. The molecular formula of chlorine is written as Cl_2; state evidences in support of this formulation.

৯। ক্লোরিণের আণবিক সংকেত Cl_2 লেখা হয়; ইহার স্বপক্ষে প্রমাণগুলি উল্লেখ কর।

10. "The molecular weight of a gas can be determined from the determination of its gaseous density"—explain the statement in all details.

১০। "যে কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব পরীক্ষামূলকভাবে স্থির করিয়া তাহার আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়"—এই উক্তিটি বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

11. One litre of a gas at 27°C and 780 mm. pressure weighs 1·215 grams; calculate the molecular weight of the gas. [*Ans.* 29·3]

১১। ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৮০ মিলিমিটার চাপে কোনও গ্যাসের এক লিটারের ওজন হইল ১·২১৫ গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (উত্তর: ২৯·৩)

12. Explain how the atomic weights of nitrogen and oxygen has been arrived at by the application of Avogadro's hypothesis.

১২। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া কিভাবে নাইট্রোজেনের এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হইয়াছে তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

13. What is the difference between molecule and gram-molecule, and molecular weight and gram-molecular weight? "At standard temperature and pressure the gram-molecular volume is 22·4 litres"—establish this statement from Avogadro's hypothesis.

১৩। অণু ও গ্রাম-অণু এবং আণবিক ওজন ও গ্রাম-আণবিক ওজনের ভিতর পার্থক্য কি ? "প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে প্রত্যেক গ্যাসের গ্রাম আণবিক ওজনের আয়তন হইল ২২'৪ লিটার"—এই উক্তিটি অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া প্রমাণ কর।

14. What should be the volume occupied by 4 grams of Ammonia at 27°C and 750 mm. pressure ? [*Ans.* 5'868 litres]

১৪। ৪ গ্র্যাম অ্যামোনিয়ার ২৭° সেন্টিগ্রেড ও ৭৫০ মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে ? (উত্তর : ৫'৮৬৮ লিটার)

চতুর্বিংশ অধ্যায়

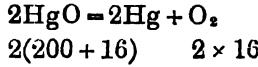
ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত গণনা

(Simple Calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases)

রাসায়নিক-সমীকরণ হইতে ওজন সংক্রান্ত-গণনা (Calculations involving weights and weights) :—এই বিষয় নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথম ভাগে (চতুর্থ সংস্করণ) আলোচিত হইয়াছে (পৃঃ ১৬৩-১৬৯)। এখানে আরও কয়েকটি উদাহরণ দিয়া বিষয়টি বুঝান হইল। রাসায়নিক ক্রিয়াটির সমীকরণ নির্ভুলভাবে লিখিতে হয়। যে পদার্থের পরিবর্তন হয় তাহার সংকেতের নীচে তাহার সংকেত অনুসারে ওজন লিখিতে হয়। যে উৎপন্ন পদার্থের সম্বন্ধে গণনা করিতে হইবে তাহারও সংকেতের নীচে তাহার সংকেত অনুসারে ওজন লিখিতে হয়। তাহার পর প্রয়োজনীয় বিষয় গণনা করা হয়। ওজনগুলি সাধারণতঃ গ্রামে প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ 1। 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করা প্রয়োজন হইবে ?

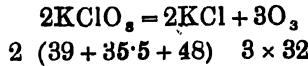
মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে মারকারী ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইল

$$2HgO = 2Hg + O_2$$
$$2(200+16) \qquad 2\times16$$

এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

2×216 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে 2×16 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে $\frac{2\times16}{2\times216}\times200$ গ্রাম বা $\frac{400}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

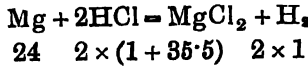
পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$
$$2\ (39+35\cdot5+48) \quad 3\times32$$

এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

$2\times122\cdot5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়। অতএব 1 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে $\frac{2\times122\cdot5}{96}$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিতে হইবে অতএব $\frac{400}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে $\frac{2\times122\cdot5}{96}\times\frac{400}{27}$ গ্রাম বা **37·8 গ্রাম** পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিতে হইবে।

উদাহরণ 2। 2·4 গ্রাম ম্যাগ্‌নেসিয়ামের উপর 16 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। কত গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে?

ম্যাগ্‌নেসিয়ামের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ হইল

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$
$$24 \quad 2\times(1+35\cdot5) \quad 2\times1$$

উপরের সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে,

24 গ্রাম ম্যাগ্‌নেসিয়াম $2\times36\cdot5$ বা 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে এবং তাহাতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অতএব 2·4 গ্রাম ম্যাগ্‌নেসিয়াম 7·3 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করিতে পারে। কিন্তু 16 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করায় সমস্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম গলিয়া যাইবে এবং 7·3 গ্রামের উপর

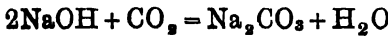
যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আছে তাহা উদ্বৃত্ত থাকিবে। ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অনুসারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে **0·2 গ্রাম** হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 3। 50 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হয় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে দিতে হইবে ?

বিক্রিয়া দুইটির সমীকরণ হইল

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$

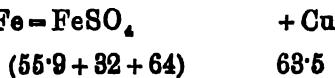
$40 + 12 + 48 \qquad\qquad\qquad 12 + 32$

$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

$2(23 + 16 + 1) \quad 12 + 32$

উপরে লিখিত সমীকরণ দুইটি হইতে জানিতে পারা যায় যে,

2×40 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হয় তাহা 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে পাওয়া যায়। অতএব 1 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জন্য প্রয়োজন হইবে $\frac{100}{2 \times 40}$ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট। অতএব 50 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জন্য প্রয়োজন হইবে $\frac{100}{2 \times 40} \times 50$ গ্রাম বা **62·5 গ্রাম** ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

উদাহরণ 4। কোনও কপার সলফেটের দ্রবণে লোহাচুর যোগ করার ফলে 1·4 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। দ্রবণে কি পরিমাণ ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইয়াছে গণনা দ্বারা স্থির কর।

যে বিক্রিয়া দ্বারা কপার সলফেট হইতে কপার পাওয়া যায় তাহার সমীকরণ হইল $CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$

$(55·9 + 32 + 64) \qquad 63·5$

উপরে লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 63·5 গ্রাম কপার পাওয়া গেলে

151·9 গ্রাম ফেরাস সল্‌ফেট উৎপন্ন হয়। অতএব 1 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইলে $\frac{151 \cdot 9}{63 \cdot 5}$ গ্রাম ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইবে। অতএব 1·4 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইলে $\frac{151 \cdot 9}{63 \cdot 5} \times 1 \cdot 4$ গ্রাম বা 3·349 গ্রাম ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 5। একটি ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণের 1·84 গ্রাম এরূপভাবে উত্তপ্ত করা হইল যে পরিবর্তিত ওজন স্থিরাঙ্কে আসে। তখন অবশিষ্ট কঠিন পদার্থের ওজন দেখা গেল 0·96 গ্রাম। মিশ্রণে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন = x গ্রাম।

তাহা হইলে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের ওজন = (1·84 − x) গ্রাম।

উত্তাপে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিবর্তনের সমীকরণ হইল

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$100 \qquad 56$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে 56 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উড়িয়া যায়।

$\therefore$ x গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে $\frac{56x}{100}$ গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্ট রূপে পাওয়া যাইবে।

আবার, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের উত্তাপে পরিবর্তনের সমীকরণ হইল

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$
$$84 \qquad 40$$

সমীকরণটি হইতে জানা যায় যে 84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট হইতে 40 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্টরূপে পাওয়া যায়। অতএব (1·84 − x) গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট হইতে $\frac{40(1 \cdot 84 - x)}{84}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড অবশেষ পাওয়া যাইবে।

অতএব প্রশ্নানুসারে $\frac{56x}{100} + \frac{40(1 \cdot 84 - x)}{84} = 0 \cdot 96$

সমীকরণ সমাধান করিলে পাওয়া যায় $x = 1$।

$\therefore$ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ $= \frac{\quad}{1{\cdot}84} \times 100 = 54{\cdot}35$

এবং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ $= \frac{0{\cdot}84}{1{\cdot}84} \times 100 = 45{\cdot}65$।

উদাহরণ 6। 10 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জল মিশাইয়া 7 গ্রাম ওজনের একখণ্ড ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট তাহার ভিতর যোগ করা হইল। যখন সমস্ত বিক্রিয়া শেষ হইয়া গেল তখন দেখা গেল যে সামান্য ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট উদ্‌বৃত্ত রহিয়াছে। তাহাকে তুলিয়া লইয়া, ধুইয়া ও শুষ্ক করিয়া ওজন করা হইল এবং দেখা গেল যে তাহার ওজন 2·2 গ্রাম। যে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হইয়াছে তাহাতে শতকরা কি পরিমাণ বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল?

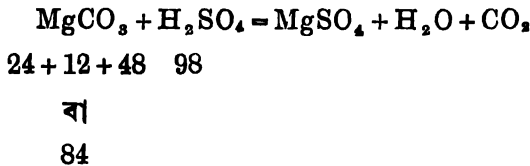
7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের ভিতর 2·2 গ্রাম বিক্রিয়ার পর অবশিষ্ট ছিল। অতএব $(7 - 2{\cdot}2)$ বা 4·8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট সমস্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে ব্যয়িত হইয়াছে।

ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত সলফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ হইল।

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$

$$24 + 12 + 48 \quad 98$$

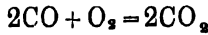
বা

84

উপরের লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট 98 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে। অতএব 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট $\frac{98}{84}$ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে। অতএব 4·8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট $\frac{98}{84} \times 4{\cdot}8$ গ্রাম বা 5·6 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটায়। 10 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হইয়াছিল এবং তাহাতে প্রকৃতপক্ষে 5·6 গ্রাম বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল। অতএব সলফিউরিক অ্যাসিডে শতকরা বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল 56 ভাগ।

ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা (Calculation involving weight and volume) :

যখন কোন গ্যাসীয় পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তখন তাহার প্রত্যেক অণু 1 আয়তন গ্যাস হিসাবে ক্রিয়া করে এবং যখন গ্যাসীয় পদার্থ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় তাহারও 1 অণু 1 আয়তন দখল করে। আয়তনগুলি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইতেছে বুঝিতে হইবে। তাই আমরা যখন সমীকরণ দ্বারা লিখি—

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

তখন সমীকরণটি নিম্নলিখিত অর্থ প্রকাশ করে :

(ক) 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইড + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)—ইহাই আয়তনিক সম্পর্ক।

(খ) 2 × 28 ভাগ কার্বন মনোক্সাইড + 32 ভাগ অক্সিজেন = 2 × 44 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড—ইহাই তৌলিক সম্পর্ক।

(গ) 2 × 22·4 লিটার কার্বন মনোক্সাইড + 22·4 লিটার অক্সিজেন = 2 × 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে), যেহেতু পূর্বেই দেখান হইয়াছে যে ওজনগুলি গ্রামে প্রকাশ করিলে গ্রাম-আণবিক আয়তন হইল 22·4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)।

অঙ্ক কষিতে হইলে মনে রাখিতে হইবে

(ক) সমীকরণ হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় (0° সেন্টিগ্রেড) ও প্রমাণ চাপে (76 সেন্টিমিটার পারদের চাপ) গ্যাসের আয়তনিক সম্পর্ক পাওয়া যায়।

(খ) গ্রামে প্রকাশিত গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন দখল করে।

(গ) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·08984 গ্রাম বা সংক্ষেপে 0·09 গ্রাম। ইহা প্রকৃতভাবে রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া স্থিরীকৃত হইয়াছে।

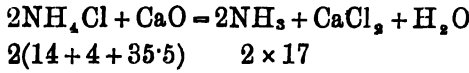
(ঘ) গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে না থাকিলে বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে $\frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$ সমীকরণের সাহায্যে ইহার আয়তনকে প্রমাণ অবস্থায় আনিতে হইবে।

(ঙ) গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটারে বা ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করিতে হয়।

(চ) গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব × 2 = গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা উপরের বিষয়গুলি বিশদভাবে বুঝান হইয়াছে।

উদাহরণ 1। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কত গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হইবে ?

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$
$$2(14+4+35{\cdot}5) \qquad 2\times 17$$

উপরে লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

2 × 53·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে 2 × 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে, অথবা 53·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে। এক্ষণে 17 গ্রাম হইল এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে 53·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে $\frac{53{\cdot}5}{22{\cdot}4}\times 10$ গ্রাম বা 23·88 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 2। 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 750 মিলিমিটার চাপে 10 লিটার সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ কপারকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিতে হইবে ?

মনে করা যাউক যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উৎপন্ন সলফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন V লিটার। তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে

$$\frac{750\times 10}{273+27} = \frac{V\times 760}{273+0}$$

$$\therefore \quad V = \frac{750\times 10\times 273}{300\times 760} \text{ লিটার}$$
$$= 8{\cdot}98 \text{ লিটার}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$63{\cdot}5 \qquad\qquad\qquad 64$$

উপরের সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 64 গ্রাম সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 63·5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। এখন 64 গ্রাম সলফার ডাই-অক্সাইড মানে উক্ত গ্যাসের এক গ্রাম-অণু এবং প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উহার আয়তন হইল 22·4 লিটার। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 63·5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 8·98 লিটার সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{63{\cdot}5}{22{\cdot}4} \times 8{\cdot}98$ গ্রাম বা 25·456 গ্রাম কপার প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 3. 12° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 780 মিলিমিটার চাপে অক্সিজেনের কত আয়তন 25 গ্রাম জিঙ্কের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে পোড়ানর জন্য প্রয়োজন হইবে? (Zn = 65).

সংশ্লিষ্ট সমীকরণদ্বয় হইল

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$
$$65 \qquad\qquad\qquad 2$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
$$2 \times 2 \quad 32$$

সমীকরণদ্বয় হইতে জানা যায় যে 2 × 65 গ্রাম জিঙ্ক ব্যবহার করিয়া যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা পোড়াইতে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। কিন্তু 32 গ্রাম হইল অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন হইল প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার। অতএব 2 × 65 গ্রাম জিঙ্ক হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেন পোড়াইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। সুতরাং 25 গ্রাম জিঙ্ক হইতে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন পোড়ানর জন্য $\frac{22{\cdot}4}{2 \times 65} \times 25$ লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) বা 4·31 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। মনে করা যাউক যে এই অক্সিজেনের 12° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 780 মিলিমিটার চাপে আয়তন হয় V লিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

অথবা $\frac{760 \times 4.31}{273 + 0} = \frac{780 \times V}{273 + 12}$

$\therefore \quad V = \frac{760 \times 4.31 \times 285}{780 \times 273}$ লিটার

$= 4.38$ লিটার।

উদাহরণ 4। 0·0321 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত হাইড্রোজেনের 39·3 ঘন সেন্টিমিটার 13° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 761 মিলিমিটার চাপে সংগ্রহ করা গেল। অ্যালুমিনিয়ামের বিশুদ্ধতা শতকরা পরিমাণে প্রকাশ কর। (13° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 11 মিলিমিটার)।

মনে করা যাউক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার। বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে—

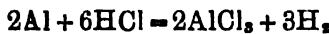
$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad \frac{(761 - 11) \times 39.3}{273 + 13} = \frac{760 \times V}{273 + 0}$$

$\therefore \quad V = \frac{750 \times 39.3 \times 273}{760 \times 286}$ ঘন সেন্টিমিটার

$= 37.02$ ঘন সেন্টিমিটার।

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

$2 \times 27 \qquad\qquad 3 \times 2$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 2×27 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া 3×2 গ্রাম হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়। এক্ষণে 2 গ্রাম হইল হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার। সুতরাং 3×22.4 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) 2×27 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া পাওয়া যাইবে। অতএব 37·02 ঘন সেন্টিমিটার

হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) পাওয়া যায় $\frac{2 \times 27 \times 37.02}{3 \times 22.4 \times 1000}$ গ্রাম বা 0·0297 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া। অতএব 0·0321 গ্রাম অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে 0·0297 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম আছে। অতএব অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে শতকরা $\frac{0.0297 \times 100}{0.0321}$ ভাগ বা **92·83 ভাগ** বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম ধাতু আছে।

উদাহরণ 5। 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে 5 লিটার সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ কপারকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিতে হইবে? যে পরিমাণ কপার উৎপন্ন দ্রবণে থাকিবে তাহাকে কপার সলফাইডের অধঃক্ষেপ হিসাবে পাইতে হইলে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে?

ধরা যাউক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে সলফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন হইবে V লিটার।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

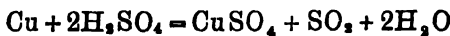
$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\therefore \frac{5 \times 750}{273 + 27} = \frac{V \times 760}{273 + 0}$$

$$\therefore V = \frac{5 \times 750 \times 273}{300 \times 760} \text{ লিটার}$$

$$= 4.49 \text{ লিটার।}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল।

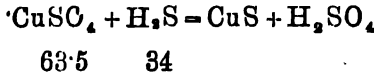
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

63·5 64

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে

64 গ্রাম সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 63·5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। এক্ষণে 64 গ্রাম সলফার ডাই-অক্সাইড হইল এক গ্রাম-অণু সলফার ডাই-অক্সাইড। অতএব ইহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হইল 22·4 লিটার। 22·4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 63·5

গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। অতএব 4·49 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{63 \cdot 5}{22 \cdot 4} \times 4 \cdot 49$ গ্রাম বা 12·728 গ্রাম কপার প্রয়োজন হইবে।

আবার, কপার সলফাইডের অধঃক্ষেপ পাইতে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটাইতে হয়।

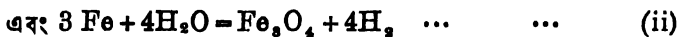
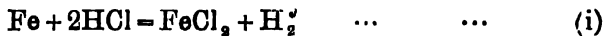
$$\underset{63 \cdot 5}{CuSO_4} + \underset{34}{H_2S} = CuS + H_2SO_4$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 63·5 গ্রাম কপারকে কপার সলফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করিতে 34 গ্রাম বা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে। (যেহেতু 34 গ্রাম হইল হাইড্রোজেন সলফাইডের গ্রাম-আণবিক ওজন, সেইহেতু তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার)। অতএব 12·728 গ্রাম কপারকে কপার সলফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে $\frac{12 \cdot 728 \times 22 \cdot 4}{63 \cdot 5}$ লিটার বা 4·49 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 6. 1000 লিটার আয়তনের একটি বেলুন 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে হাইড্রোজেন ভর্তি করিতে হইলে কম পক্ষে কত পরিমাণ আয়রণ প্রয়োজন হইবে? [Fe = 56].

আয়রণ ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবার দুইটি উপায় আছে; একটি সাধারণ উষ্ণতায় আয়রণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া; অপরটি লোহিত-তপ্ত আয়রণের উপর দিয়া ষ্টীম অতিক্রম করাইয়া।

দুইটি প্রক্রিয়ার সমীকরণ যথাক্রমে

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad (i)$$

এবং $$3\,Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad (ii)$$

সমীকরণ (i) হইতে জানিতে পারা যায় যে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 56 গ্রাম আয়রণ ব্যবহার করা প্রয়োজন। সমীকরণ (ii) হইতে জানা যায় যে 4 × 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 3 × 56 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন, অথবা 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে $\frac{3}{4} \times 56$ গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন। অতএব

সমীকরণ (ii) অনুসারে বিক্রিয়া ঘটাইলে সর্বাপেক্ষা কম আয়রণ প্রয়োজন হইবে। ধরা যাউক যে 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে 1000 লিটার হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে V লিটার।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

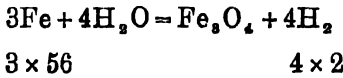
$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\therefore \frac{750 \times 1000}{273 + 27} = \frac{760 \times V}{273 + 0}$$

$$\therefore \quad V = \frac{750 \times 1000 \times 273}{760 \times 300} \text{ লিটার}$$

$$= 898 \text{ লিটার}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

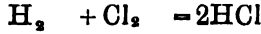
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

$$3 \times 56 \qquad\qquad\qquad 4 \times 2$$

উপরের সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 4 × 2 গ্রাম বা 4 × 22·4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 3 × 56 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন হয়। (যেহেতু 2 গ্রাম হাইড্রোজেন হইল হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার)। অতএব 893 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) পাইতে হইলে কম পক্ষে $\frac{3 \times 56}{4 \times 22 \cdot 4} \times 898$ গ্রাম বা 1683·75 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন হইবে।

আয়তন ও আয়তন-সংক্রান্ত গণনা (Calculations involving volume and volume): গ্যাসীয় পদার্থের সহিত গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়তন সংক্রান্ত গণনা করিবার সময় সহজভাবে এবং সুবিধা-জনকভাবে গণনা করিবার জন্য যে-কোন গ্যাসের 1 গ্রাম-অণুর আয়তনকে একক ধরিয়া গণনা করা হয়। গ্যাসের আয়তন ঘটিত গণনার বিষয় **গ্যাসমিতি (Eudiometry)** নামক অংশের অন্তর্গত। গ্যাসের আয়তন মাপিবার যন্ত্রকে Eudiometer বলে।

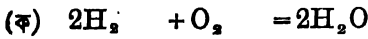
হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা এই বিক্রিয়া প্রকাশ করা হয় :—

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

তৌলিক হিসাবে এই সমীকরণের দ্বারা বুঝা যায় যে,

2 গ্রাম হাইড্রোজেন 71 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে 2 × 36·5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। আয়তন-হিসাবে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত 22·4 লিটার ক্লোরিণ গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে 2 × 22·4 লিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এখন গ্যাসের আয়তনগুলি তুলনামূলকভাবে প্রকাশ করিতে হইলে বলা হয় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দেয়। তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি যে একই উষ্ণতায় ও চাপে 50 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস + 50 ঘন সেন্টিমিটার ক্লোরিণ গ্যাস = 100 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

গ্যাসীয় পদার্থসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে আয়তনিক পরিবর্তন হইয়া থাকে তাহা নিম্নে দেখান হইল :—

(ক) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন ষ্টীম ∴ আয়তনের সংকোচন = 1 আয়তন

জল ধরিলে আয়তন শূন্য (0) হইবে। ∴ „ „ = 3 আয়তন

∴ যখনই কোন রাসায়নিক গণনায় মুক্ত হাইড্রোজেন গ্যাস ও মুক্ত অক্সিজেন গ্যাস যুক্ত হইয়া ষ্টীম উৎপন্ন করিবে এবং ঠাণ্ডা করার ফলে সেই ষ্টীম তরল জলে পরিবর্তিত হইবে, তখন আয়তনের সংকোচন যাহা হইবে তাহার এক-তৃতীয়াংশ আয়তন হইবে অক্সিজেনের এবং দুই-তৃতীয়াংশ আয়তন হইবে হাইড্রোজেনের।

(খ) $2CO + O_2 = 2CO_2$ ∴ আয়তনের সংকোচন = 1 আয়তন

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

(গ) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ ∴ আয়তনের সংকোচন = 2 আয়তন

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন জল (0 আয়তন)

(ঘ) $CO_2 + C = 2CO$ ∴ আয়তনের প্রসারণ = 1 আয়তন

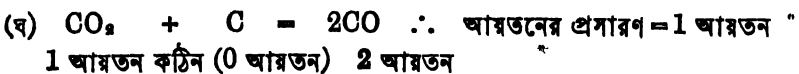
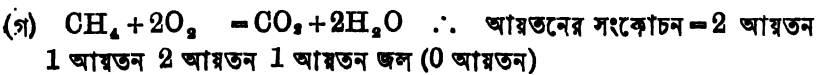
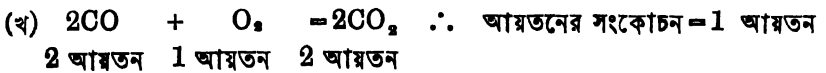
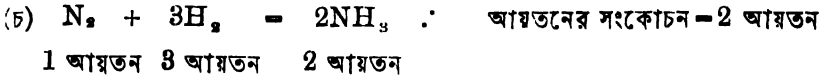
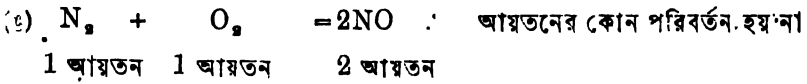
1 আয়তন কঠিন (0 আয়তন) 2 আয়তন

কঠিনের ও তরলের আয়তন শূন্য ধরা হয়।

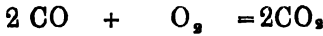
(ঙ) N_2 + O_2 $= 2NO$ ∴ আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

(চ) N_2 + $3H_2$ $=$ $2NH_3$ ∴ আয়তনের সংকোচন = 2 আয়তন

1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন

নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা গ্যাসমিতি বুঝান হইল।

উদাহরণ 1। 100 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইডের সহিত 40 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশাইয়া তড়িৎ মোক্ষণ দ্বারা বিস্ফোরণ সংঘটিত **হইল।** উৎপন্ন গ্যাসের সহিত কষ্টিক পটাসের দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকানো হইল। কোন্ গ্যাস অবশিষ্ট পড়িয়া থাকিবে? অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (সমস্ত গ্যাস একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হইয়াছে)।

$2\,CO$ + O_2 $= 2CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

সমীকরণ হইতে জানা গেল যে

2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইড 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণদ্বারা যুক্ত হইয়া 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

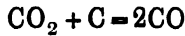
∴ 40 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন 80 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া 80 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

∴ সমস্ত কার্বন মনোক্সাইড বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিবে না এবং কষ্টিক পটাসের দ্রবণের সহিত উক্ত গ্যাসের মিশ্রণ ঝাঁকাইলে 80 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইবে।

∴ (100 − 80) বা 20 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস অবশিষ্ট পড়িয়া থাকিবে।

উদাহরণ 2। অর্ধ লিটার পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। তাহার পর গ্যাসটিকে সংগ্রহ করিয়া দেখা গেল যে তাহার আয়তন 700 ঘন সেন্টিমিটার হইয়াছে। যদি সকল সময় প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করা হয়, তবে বিক্রিয়ার পরে গ্যাসের মিশ্রণে কোন্ গ্যাস কি পরিমাণ আছে তাহা নির্ণয় কর।

অর্ধ লিটার = 500 ঘন সেন্টিমিটার

$$CO_2 + C = 2CO$$

1 আয়তন 2 আয়তন

কার্বন ডাই-অক্সাইডকে লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহার আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তনের দ্বিগুণ হয়। অতএব সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইলে, কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন হইত 1000 ঘন সেন্টিমিটার। অতএব বুঝা যাইতেছে যে সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয় নাই। ধরা যাউক যে x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়াছে। তাহা হইতে $2x$ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে এবং ($500 - x$) ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড অবশিষ্ট পড়িয়া আছে।

$\therefore$ প্রশ্নানুসারে $(500 - x) + 2x = 700$

$\therefore$ $x = 200$ ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব যে গ্যাস বিক্রিয়ার পর সংগ্রহ করা হইয়াছে তাহাতে $(500 - 200)$ বা 300 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 2×200 বা 400 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড বর্তমান আছে।

উদাহরণ 3। একটি গ্যাস মাপিবার যন্ত্রে 40 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মিশ্রণ লওয়া হইল এবং তাহার সহিত 100 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশাইয়া মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করা হইল। ঠাণ্ডা করার পর গ্যাসের মিশ্রণের আয়তন হইল 104 ঘন সেন্টিমিটার। উক্ত গ্যাসের মিশ্রণে কষ্টিক পটাসের ঘনদ্রবণ যোগ করার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হইল 48 ঘন সেন্টিমিটার। মিশ্রণে কার্বন মনোক্সাইড ও অ্যাসিটিলিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। একই উষ্ণতায় ও চাপে সমস্ত গ্যাসের পরিমাপ করা হইয়াছে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$

সমীকরণদ্বয় হইতে জানা যায় যে

(i) 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডের 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া হয় এবং 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং (ii) 2 আয়তন অ্যাসিটিলিনের

5 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া হয় এবং 4 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। তরল জলের কোন আয়তন নাই।

ধরা যাউক, মিশ্রণে x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড আছে। তাহার জন্য বিক্রিয়াতে লাগিবে $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

আর $(40-x)$ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলিনের জন্য বিক্রিয়াতে লাগিবে $\frac{40-x}{2} \times 5$ ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং $2 \times (40-x)$ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

বিক্রিয়ার পর অক্সিজেন পড়িয়া আছে 48 ঘন সেন্টিমিটার।

$\therefore$ অক্সিজেনের আয়তন যাহা বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হইয়াছে $=(100-48)$ বা 52 ঘন সেন্টিমিটার। আর কার্বন ডাই-অক্সাইড যাহা উৎপন্ন হইয়াছে $=(104-48)$ বা 56 ঘন সেন্টিমিটার।

$$\frac{x}{2}+\frac{40-x}{2} \times 5 = 52$$

বা $\quad x+200-5x=104$

$$4x=96$$

$\therefore \quad x=24$ ঘন সেন্টিমিটার

কার্বন মনোক্সাইডের শতকরা পরিমাণ $=\frac{24 \times 100}{40}=60$

এবং অ্যাসিটিলিনের শতকরা পরিমাণ $=(100-60)$ বা 40।

দ্রষ্টব্য : কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন লইয়া গণনা করিলেও একই ফল পাওয়া যায়, যথা : $-x+2(40-x)=56$ বা $x=(80-56)$ অথবা 24 ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 4 : নিম্নে প্রদত্ত বিবরণ হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি বাহির কর :—

নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন (যাহা গ্যাস পরিমাপক যন্ত্রে লওয়া হইল)	...	10 ঘন সেন্টিমিটার
হাইড্রোজেন গ্যাস যোগ করিয়া আয়তন	...	28 „ „
বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া আয়তন	...	18 „ „

অক্সিজেন গ্যাস যোগ করিয়া আয়তন ... 27 ঘন সেন্টিমিটার
দ্বিতীয় বার বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া আয়তন 15 „ „
(সমস্ত গ্যাসের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হইয়াছে)।

দ্বিতীয় বার বিস্ফোরণের পর যে আয়তনের সংকোচন হইয়াছে তাহা মুক্ত হাইড্রোজেনের সহিত মুক্ত অক্সিজেনের বিক্রিয়া দ্বারা তরল জল উৎপন্ন হওয়ার ফলে। অতএব (27 – 15) বা 12 ঘন সেন্টিমিটার মোট আয়তনিক সংকোচনের $\frac{1}{3}$ অংশ অথবা 4 ঘন সেন্টিমিটার হইল অক্সিজেন এবং $\frac{2}{3}$ অংশ বা 8 ঘন সেন্টিমিটার হইল হাইড্রোজেন। এই 8 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন যে (28 – 10) বা 18 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন প্রথমে যোগ করা হইয়াছিল তাহা হইতে উদ্বৃত্ত পড়িয়া ছিল। অতএব 10 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত হইয়াছে। এক্ষণে 10 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। এই 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন 10 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রাস অক্সাইড হইতে আসে। অতএব নাইট্রাস অক্সাইডের যে-কোন আয়তনে তাহার অর্দ্ধেক আয়তন অক্সিজেন থাকে। আবার প্রথম বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া যে 18 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস পড়িয়া থাকে তাহা নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ। তাহার ভিতর পূর্বে দেখান হইয়াছে যে 8 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন। অতএব বাকী 10 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে পাওয়া যায়। সুতরাং 2 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 2 আয়তন নাইট্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

উদাহরণ 5 : নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণের 25 ঘন সেন্টিমিটার লইয়া লোহিত-তপ্ত কপারের উপর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে 20 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস পাওয়া গেল। গ্যাসের আয়তনগুলি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে। গ্যাসের মিশ্রণের শতকরা সংযুতি স্থির কর।

ধরা যাউক, নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন $= x$ ঘন সেন্টিমিটার।

$\therefore$ নাইট্রোজেনের আয়তন $= (25 - x)$ ঘন সেন্টিমিটার।

লোহিত-তপ্ত কপারের উপর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে। নাইট্রোজেনের কোন পরিবর্তন হইবে না। অতএব যে গ্যাস শেষে পাওয়া যাইবে তাহা কেবলমাত্র নাইট্রোজেন।

$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

2 আয়তন 1 আয়তন

সমীকরণ অনুসারে 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে 1 আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব x ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রিক অক্সাইড হইতে $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে।

$$\therefore \quad \frac{x}{2} + (25 - x) = 20$$

অথবা $\frac{x}{2} = 5$ $\therefore$ $x = 10$ ঘন সেন্টিমিটার।

$\therefore$ মিশ্রণে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{15}{25} \times 100$ বা 60 এবং নাইট্রিক অক্সাইডের শতকরা পরিমাণ $= \frac{10}{25} \times 100$ বা 40।

Questions

How much potassium chlorate will required to generate as much oxygen as can burn all the hydrogen obtained by the action of dilute hydrochloric acid on 3'275 grams of zinc? (Zn = 65'5)

[*Ans.* 2'04 gms.]

১। ৩'২৭৫ গ্রাম জিঙ্কের উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহাকে পোড়াইতে যে অক্সিজেন প্রয়োজন হয় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিতে হইবে? (Zn = ৬৫'৫)

[উত্তর : ২'০৪ গ্রাম]

2. 5 grams of manganese dioxide are heated with excess of concentrated hydrochloric acid. Chlorine evolved is passed into potassium iodide solution. Calculate the amount of iodine liberated (Mn = 55 ; I = 12'7). [*Ans.* 14'6 grams]

২। ৫ গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত প্রয়োজনাতিরিক্ত ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরিণকে পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ণয় কর (Mn = ৫৫ ; I = ১২'৭)। [উত্তর : ১৪'৬ গ্রাম]

3. 6 grams of a mixture of potassium chloride and potassium chlorate are heated till the weight becomes constant. It is found that 4'045 grams of potassium chloride are left behind. Calculate

the amount of potassium chloride present in the mixture. (K = 39).

[*Ans.* 1·011 grams]

৩। পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের একটি মিশ্রণের ৬ গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করার পর যখন ওজন স্থিরাঙ্কে আসিল তখন দেখা গেল যে ৪·০৪৫ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া আছে। উক্ত মিশ্রণে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড ছিল তাহা নির্ণয় কর (K = ৩৯)।

[উত্তর : ১·০১১ গ্রাম]

4. When a mixture of anhydrous sodium carbonate and sodium bicarbonate weighing 3 grams is heated, a residue of 2·652 grams of solid is left behind. Calculate the percentage amount of sodium carbonate in the mixture. [*Ans.* 68·567]

৪। নিরুদক সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটের একটি মিশ্রণের ৩ গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করার পর অবশিষ্ট কঠিনের ওজন স্থিরাঙ্কে আসিলে দেখা গেল যে ২·৬৫২ গ্রাম কঠিন পড়িয়া আছে। মিশ্রণে সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উত্তর : ৬৮·৫৬৭]

5. Oxygen is generated by heating 60 grams of potassium chlorate. How much zinc will be required to generate sufficient hydrogen to convert all the oxygen evolved into water ? (Zn = 64·4).

[*Ans.* 94·64 grams]

৫। ৬০ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন উৎপাদন করা হইল। সেই অক্সিজেনকে জলে পরিবর্তিত করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কত জিঙ্ক প্রয়োজন হইবে ? (Zn = ৬৪·৪). [উত্তর : ৯৪·৬৪ গ্রাম]

6. How much ammonium nitrate will be required to generate 2·5 litres of nitrous oxide at 39°C. and 741 mm. pressure ?

[*Ans.* 7·617 grams]

৬। ৩৯° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৪১ মিলিমিটার চাপে ২·৫ লিটার নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন হইবে ?

[উত্তর : ৭·৬১৭ গ্রাম]

7. Hydrogen sulphide generated by the action of dilute sulphuric acid on a sample of ferrous sulphide is found to contain hydrogen to the extent of 9 per cent, by volume. What is the percentage amount of iron present in the sample of ferrous sulphide used (Fe = 56). [*Ans.* 5·92%]

৭। ফেরাস সলফাইডের একটি নমুনার উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া যে হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপন্ন হইলে তাহাতে আয়তনিকভাবে শতকরা ৯ ভাগ

হাইড্রোজেন আছে দেখা গেল। ফেরাস সলফাইডের উক্ত নমুনায় শতকরা কত ভাগ আয়রণ ছিল তাহা নির্ণয় কর (Fe = ৫৬)। [উত্তর : ৫·৯২%]

8. 0·2925 gram of common salt is dissolved in water and after filtering, silver nitrate solution is added to it in sufficient amount. The precipitate of silver chloride so produced is filtered and washed thoroughly. The washed precipitate is next dried and weighed when its constant weight is found to be 0·7075 gram. What is the percentage of sodium chloride in the sample of common salt used? [*Ans.* 98·63%]

৮। ০·২৯২৫ গ্রাম বাজারের লবণ লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং পরিস্রাবণের পর উক্ত দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট যোগ করিয়া যে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল তাহাকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া ধৌত করা হইল। পরে শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হইল এবং ওজন স্থিরাঙ্কে আসিলে দেখা গেল যে সিলভার ক্লোরাইডের ওজন হইল ০·৭০৭৫ গ্রাম। বাজারের লবণে প্রকৃত সোডিয়াম ক্লোরাইড শতকরা কি পরিমাণ ছিল? [উত্তর : ৯৮·৬৩%]

9. What volume of oxygen evolved at 12°C. and 780 mm. pressure will be required to burn hydrogen evolved by the action of dilute sulphuric acid on 50 grams of zinc? (Zn = 65·5). [*Ans.* 8·696 litres]

৯। ৫০ গ্রাম জিঙ্কের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা পোড়াইতে ১২° সেন্টিগ্রেড এবং ৭৮০ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন অক্সিজেনের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে? (Zn = ৬৫·৫). [উত্তর : ৮·৬৯৬ লিটার]

10. How much zinc will be required to generate 1000 c.c. of *dry* hydrogen at 30°C. and 754 mm. pressure by the action of dilute sulphuric acid? (Zn = 65·5, S = 16, O = 16, H = 1). [*Ans.* 2·614 grams]

১০। ৩০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫৪ মিলিমিটার চাপে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া ১০০০ ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদন করিতে কি পরিমাণ জিঙ্কের ছিবড়া প্রয়োজন হইবে? (Zn = ৬৫·৫, S = ৩২, O = ১৬, H = ১)।

[উত্তর : ২·৬১৪ গ্রাম]

11. 5·4 grams of water are made to react with (*a*) sodium, (*b*) calcium hydride and (*c*) red hot iron in the form of steam. Calculate the volume of hydrogen evolved at 27°C. and 750 mm. pressure in all the three cases. [*Ans.* (*a*) 3·74 litres ; (*b*) 7·48 litres ; (*c*) 7·48 litres]

১১। ৫·৪ গ্রাম জলকে (ক) সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া, (খ) ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া এবং (গ) লোহিত-তপ্ত আয়রণের উপর স্টীমরূপে চালনা

করিয়া বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিয়োজিত করা হইল। উক্ত তিনটি ক্ষেত্রে ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন নির্ণয় কর।

[উত্তর : (ক) ৩·৭৪ লিটার ; (খ) ৭·৪৮ লিটার ; (গ) ৭·৪৮ লিটার]

12. In a litre of a cupric chloride solution, there are 1·75 grams of cupric chloride present. What volume of hydrogen sulphide at normal temperature and pressure will be required to precipitate all the Copper as cupric sulphide from 100 c c. of this solution ? [Cu = 63·5, S = 32, Cl = 35·5). [*Ans.* 29 14 c.c.]

১২। ১ লিটার কিউপ্রিক ক্লোরাইডের কোন দ্রবণে ১·৭৫ গ্রাম কিউপ্রিক ক্লোরাইড আছে। এই দ্রবণের ১০০ ঘন সেন্টিমিটার হইতে কিউপ্রিক সলফাইড সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে? (Cu = ৬৩·৫, S = ৩২, Cl = ৩৫·৫) [উত্তর : ২৯·১৪ ঘন সেন্টিমিটার]

13. An aqueous solution of hydrochloric acid containing 0·35 gram-molecule of the acid is added to calcium carbonate. Calculate the (*a*) gram-molecule and (*b*) the volume in litre at normal temperature and pressure of carbon dioxide evolved in the reaction (Ca = 40, C = 12, O = 16, Cl = 35·5, H = 1)

[*Ans.* (*a*) 0·175 gram-molecule ; (*b*) 3·92 litres]

১৩। ০·৩৫ গ্রাম অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডঘটিত জলীয় দ্রবণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের উপর যোগ করা হইল। (ক) কত গ্রাম-অণু এবং (খ) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভূত হইবে তাহা নির্ণয় কর (Ca = ৪০, C = ১২, O = ১৬, Cl = ৩৫·৫, H = ১)। [উত্তর : (ক) ০·১৭৫ গ্রাম-অণু ; (খ) ৩·৯২ লিটার]

14. A gas-mixture contains 50% Hydrogen, 40% Methane and 10% Oxygen. What volume more of Oxygen at normal temperature and pressure will be required to burn 200 c.c. of this gas-mixture measured at 27°C. and 750 mm. pressure. What weight of potassium chlorate is to be decomposed in order to get that oxygen ? (K = 39·1, Cl = 35·5, O = 16). [*Ans.* 170·6 c.c. ; 0·6227 grams]

১৪। একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে ৫০% হাইড্রোজেন, ৪০% মিথেন (CH_4) এবং ১০% অক্সিজেন আছে। এই গ্যাসীয় মিশ্রণের ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ২০০ ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ লইয়া সম্পূর্ণরূপে পোড়াইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আর কত আয়তনিক পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে? উক্ত পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিয়োজন ঘটাইতে হইবে তাহা নির্ণয় কর। (K = ৩৯·১, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬)। [উত্তর : ১৭০·৬ ঘন সেন্টিমিটার ; ০·৬২২৭ গ্রাম]

15. A gaseous mixture contains 20% methane and 80% of carbon monoxide by volume. Calculate the weight of potassium chlorate that will be required to generate sufficient oxygen to burn completely 1520 c.c. of this gas mixture at 27°C. and 750 m m. pressure (K = 39, Cl = 35·5, O = 16). [*Ans.* 3·982 gram]

১৫। কোনও একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে আয়তনিকভাবে শতকরা ২০ ভাগ মিথেন ও ৮০ ভাগ কার্বন মনোক্সাইড আছে। উক্ত মিশ্রণের ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহাকে সম্পূর্ণরূপে পোড়াইতে যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিতে হইবে তাহা নির্ণয় কর (K = ৩৯, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬)। [উত্তর : ৩·৯৮২ গ্রাম]

16. A commercial sample of potassium chlorate contains some potassium chloride. 1·555 grams of this sample of potassium chlorate, on heating, yield as much oxygen as can completely burn 152 c.c. of C_2H_2 measured at 27°C. and 750 mm. pressure. Calculate the percentage of potassium chlorate in the sample. (K = 39, Cl = 35·5 O = 16). [*Ans.* 80 04%]

১৬। বাজারের পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত কিছু পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশিয়া আছে। সেই পটাসিয়াম ক্লোরেটের ১·৫৫৫ গ্রাম বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া গেল তাহা ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫২ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) গ্যাসকে সম্পূর্ণরূপে পোড়াইল। মিশ্রণে পটাসিয়াম ক্লোরেট কত ভাগ ছিল নির্ণয় কর (K = ৩৯, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬)। [উত্তর : ৮০·০৪%]

17. 15 c.c. of a mixture of hydrogen, carbon monoxide and methane required 15 c c. of oxygen for complete combustion and carbon dioxide produced by burning is 10 c.c. Calculate the porportion of each gas in the mixture (all the gases are measured at the same temperature and pressure).

[*Ans.* H_2—5 c c. ; CO—5 c c. ; CH_4 – 5 c c.]

১৭। ১৫ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন, কার্বন মনোক্সাইড এবং মিথেনের একটি মিশ্রণকে পোড়াইতে ১৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ হইল ১০ ঘন সেন্টিমিটার। উৎপাদনগুলি মিশ্রণে কি অনুপাতে ছিল তাহা নির্ণয় কর (গ্যাসগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে)।

[উত্তর : H_2—৫ ঘন সেন্টিমিটার ; CO—৫ ঘন সেন্টিমিটার ; CH_4—৫ ঘন সেন্টিমিটার]

18. 20 c.c. of a gaseous hydrocarbon was mixed with excess of

oxygen and the mixture exploded. On cooling the immediate contraction was found to be 30 c.c. Another diminution in volume of 40 c.c. was observed by treating the residual gas with solid KOH. What is the formula for the hydrocarbon ? (All the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure.)

Ans. It can be proved that immediate contraction on explosion
= volume of hydrocarbon taken

+ the volume of oxygen used up in combining with carbon and hydrogen of the hydrocarbon − the volume of carbon dioxide produced.

Here immediate contraction = 30 c.c. and volume of carbon dioxide produced = 40 c.c. because solid caustic potash absorbs only carbon dioxide.

Therefore 30 = 20 + volume of oxygen used − 40

∴ Oxygen used up for oxidation
= (30 + 40 − 20) c.c.
= 50 c.c

Now the volume of oxygen used in the production of carbon dioxide is the same as the volume of carbon dioxide produced, since carbon dioxide contains its own volume of oxygen.

Thus 40 c.c. of oxygen has been used up to produce 40 c.c. of carbon dioxide. The remaining (50 − 40) or 10 c.c. of oxygen has gone to combine with the hydrogen of the hydrocarbon. Now we know that one volume of oxygen combines with two volumes of hydrogen to produce water. Hence 10 c.c. of oxygen combine with 20 c.c. of hydrogen. And these 20 c.c. of hydrogen have come from 20 c.c. of the hydrocarbon. Hence 1 volume of the hydrocarbon contains 1 volume of hydrogen. Let *n* be the number of molecules in 1 volume of the hydrogen. Hence, according to Avogadro's hypothesis, *n* molecules of hydrocarbon contain *n* molecules of hydrogen ;

∴ 1 molecule of the hydrocarbon contains 1 molecule of hydrogen.

But hydrogen molecule is diatomic (deduction from Avogadro's hypothesis).

∴ 1 molecule of hydrogen contains two atoms of hydrogen.

∴ the formula for the hydrocarbon is C_xH_2 where x is an integer.

To determine x :—

20 c.c. of the hydrocarbon, on combustion, give rise to 40 c.c. of carbon dioxide.

Therefore 1 volume of hydrocarbon produces 2 volumes of carbon dioxide on combustion.

Let each volume of the gas contain *n* molecules.

∴ n molecules of the hydrocarbon give rise to $2n$ molecules of carbon dioxide on combustion.

∴ 1 molecule of hydrocarbon produces 2 molecules of carbon dioxide on combustion.

Now each molecule of carbon dioxide contains one atom of carbon. Therefore two molecules of carbon dioxide contain two atoms of carbon. And these two atoms of carbon must have come from 1 molecule of the hydrocarbon.

∴ $x=2$ and the formula for the hydrocarbon is C_2H_2.

১৮। একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহার সহিত অধিক পরিমাণে অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরিত করা হইল। গ্যাসের মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইলে দেখা গেল যে তাহার আয়তন ৩০ ঘন সেন্টিমিটার কমিয়া গিয়াছে। কষ্টিক পটাসের দ্বারা শোষণের ফলে আয়তন আরও ৪০ ঘন সেন্টিমিটার কমিয়া গেল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি হইবে? (আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।)

উত্তর :—ইহা প্রমাণ করা যায় যে বিস্ফোরণের অব্যবহিত পরে সঙ্কোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + কার্বন ও হাইড্রোজেনের জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন – উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন।

এখানে বিস্ফোরণের অব্যবহিত পরের সঙ্কোচন = ৩০ ঘন সেন্টিমিটার,

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = ৪০ ঘন সেন্টিমিটার ; কারণ কষ্টিক পটাস দ্বারা একমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয়।

অতএব, ৩০ = ২০ + কার্বন এবং হাইড্রোজেনের জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন – ৪০

∴ জারণে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (৩০ + ৪০ – ২০) ঘন সেন্টিমিটার
= ৫০ ঘন সেন্টিমিটার

এক্ষণে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন তাহার উৎপাদনে যে অক্সিজেন ব্যবহৃত হইয়াছে তাহার আয়তনের সমান।

অতএব ৪০ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের উৎপাদন সম্পন্ন করিতে ৪০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে। বাকী (৫০-৪০) অথবা ১০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে জারিত করিতে ব্যয়িত হইয়াছে। আমরা জানি যে এক আয়তন অক্সিজেন দুই আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে। অতএব ১০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে। এই ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোকার্বন হইতে আসিয়াছে।

অতএব ১ আয়তন হাইড্রোকার্বনে ১ আয়তন হাইড্রোজেন আছে। ধরা যাউক যে ১ আয়তন হাইড্রোকার্বনে তাহার n অণু বিদ্যমান আছে।

অতএব, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে n অণু হাইড্রোকার্বনে n অণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ ১ অণু হাইড্রোকার্বনে ১ অণু হাইড্রোজেন আছে। কিন্তু হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)

∴ ১ অণু হাইড্রোকার্বনে ২ পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ হাইড্রোকার্বনের অণুর সংকেত হইবে C_xH_2, এবং x একটি পূর্ণসংখ্যা।

x বাহির করিবার প্রণালী :—

২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোকার্বন হইতে ৪০ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইতেছে।

অতএব ১ আয়তন হাইড্রোকার্বন ২ আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়।

ধরা যাউক, যে প্রতি আয়তন গ্যাসে উক্ত গ্যাসের n অণু বিদ্যমান।

∴ n অণু হাইড্রোকার্বন হইতে ২n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

∴ ১ অণু হাইড্রোকার্বন হইতে ২ অণু কার্বণ ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

এক্ষণে কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রতি অণুতে ১ পরমাণু কার্বন বিদ্যমান।

∴ ২ অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে ২ পরমাণু কার্বন আছে এবং এই দুই পরমাণু কার্বন ১ অণু হাইড্রোকার্বন হইতে আসিয়াছে।

∴ x = ২, এবং হাইড্রোকার্বনের সংকেত হইল C_2H_2।

19. 10 c.c. of gaseous hydrocarbon is mixed with 25 c.c. of oxygen and exploded by passing electric sparks. After cooling a contraction of 15 c.c. is noticed. After treatment with solid KOH a further contraction of 10 c c is found to take place and a little oxygen is left over. If the density of the hydrocarbon be 8, find the molecular formula of the hydrocarbon (the volumes are all measured under the same conditions of temperature and pressure). [*Ans.* CH_4]

১৯। কোনও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ১০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহার সহিত ২৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রণটিতে বিদ্যুৎক্ষরণ করিয়া বিস্ফোরণ সংঘটিত করার পর ঠাণ্ডা হইলে দেখা গেল যে মিশ্রণটি ১৫ ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ সংকুচিত হইয়াছে। পরে কষ্টিক পটাস যোগ করিলে আরও ১০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন ঘটে এবং কিছু অক্সিজেন অবশিষ্ট পড়িয়া থাকে। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব ৮ হইলে উহার আণবিক সংকেত কি হইবে? (আয়তনগুলির একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।)

[উত্তর : CH_4]

20. 20 c.c. of a gaseous hydro-carbon is mixed with 250 c.c. of air and the mixture exploded by electric sparks. On cooling the contraction is found to be 40 c c. When treated with caustic potash, a further contraction of 20 c.c. is noticed. What is the molecular formula of the hydrocarbon ? (The volumes are all measured under the same conditions of temperature and pressure.) [*Ans.* CH_4]

২০। কোনও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহার সহিত ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার বায়ু মিশ্রিত করা হইল। এই মিশ্রণে বিদ্যুৎক্ষরণ দ্বারা বিস্ফোরণ ঘটাইয়া ঠাণ্ডা করিলে দেখা গেল যে মিশ্রণের ৪০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন সংঘটিত হইয়াছে। পরে কষ্টিক পটাস (KOH) যোগ করিয়া আরও ২০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি ? (আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।) [উত্তর : CH_4]

21. A mixture of methane, carbon monoxide and nitrogen is taken. Calculate the volumetric composition of the mixture from the following data :—

Volume of the mixture	= 60 c.c.
Volume of oxygen added	= 42 c.c.
Volume after explosion (with cooling)	= 96 c.c.
Volume after cooling	= 66 c.c.
Volume after treatment with KOH	= 39 c.c.

(All the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure.)

[*Ans.* CH_4—15 c.c. ; CO—12 c.c. ; N_2—33 c.c.]

২১। মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের একটি মিশ্রণ লওয়া হইল। নিম্নলিখিত আয়তনিক বিবরণ হইতে গ্যাস মিশ্রণে প্রত্যেকটি উৎপাদনের পরিমাণ নির্ণয় কর :

মিশ্রণের আয়তন	= ৬০	ঘন	সেন্টিমিটার
অক্সিজেনে যাহা যোগ করা হইল	= ৪২	"	"
বিস্ফোরণ ঘটানর পর (ঠাণ্ডা না করিয়া) অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন	= ৯৬	"	"
ঠাণ্ডা করিবার পর আয়তন	= ৬৬	"	"
কষ্টিক পটাস যোগ করিবার পর আয়তন	= ৩৯	"	"

(সমস্ত আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে স্থিরীকৃত হইয়াছে।)

(উত্তর : মিথেন—১৫ ঘন সেন্টিমিটার
কার্বন মনোক্সাইড—১২ " "
নাইট্রোজেন —৩৩ " ")

পঞ্চবিংশ অধ্যায়

ক্লোরিণ ও ইহার যৌগ

(Chlorine and its Compounds)

(ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড

(Sodium Chloride)

সোডিয়াম ক্লোরাইড হইল সাধারণ লবণ এবং খাদ্য-লবণ (Table-Salt) হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। খাদ্যের ইহা একটি অপরিহার্য উপাদান।

সাধারণ লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সমুদ্রজলে তৌলিক হিসাবে প্রায় শতকরা 2·6 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। ইহা ছাড়া লবণের খনি হইতেও প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। আমাদের দেশে যে সৈন্ধব লবণ ব্যবহৃত হয় তাহা খনি হইতে প্রাপ্ত লবণ। ইংলণ্ডে, জার্মাণীতে, অস্ট্রিয়ায় ও পোল্যাণ্ডে বিশাল লবণের খনি আছে। অনেক স্থলে লবণ-হ্রদের অংশবিশেষ বিশুষ্ক হইয়া লবণের স্তূপের সৃষ্টি করিয়াছে। গ্যালিসিয়ায় এইরূপে উৎপন্ন বিশাল লবণ-স্তূপ (1200 ফিট পুরু এবং 10000 বর্গমাইল দীর্ঘ) দেখিতে পাওয়া যায়।

ভারতবর্ষে খাদ্য-লবণের অধিকাংশই সমুদ্র-জল হইতে তৈয়ারী করা হয়। তবে কিছু খনিজ লবণও খেওড়া ও কলাবাগের লবণখনি হইতে আসে।

খাদ্য-লবণ প্রস্তুতি ঃ—(ক) সমুদ্র জল হইতে ঃ সাধারণতঃ দুই উপায়ে সমুদ্রজল হইতে জল অপসারণ করিয়া লবণ সংগ্রহ করা হয়। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সূর্যতাপে জলকে বাষ্পীভূত করিয়া অপসারণ করিলে লবণের দ্রবণ গাঢ় হয় এবং ক্রমশঃ লবণ কেলাসিত হইয়া থাকে; আর শীতপ্রধান দেশে অতি শৈত্যে জল বরফে পরিণত করিয়া অপসারিত করিলে লবণের গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায় এবং তাহা হইতে সহজেই লবণ কেলাসিত হইয়া থাকে। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সমুদ্রের ধারে অগভীর বৃহৎ পুকুর (Salterns বা meadows) কাটিয়া সমুদ্র জলে উহা ভর্তি করা হয়। সূর্যকিরণের উত্তাপে এবং সমুদ্রের বায়ুপ্রবাহে উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া উপিয়া যায় এবং দ্রবণটি যখন যথেষ্ট পরিমাণ গাঢ় হয় তখন উহা হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়; উক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড সংগ্রহ

করিয়া খাদ্য-লবণ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। খাদ্য-লবণ সংগ্রহ করার পরে যে শেষদ্রব (mothor liquor) পড়িয়া থাকে তাহাকে "বিটার্ণ (Bittern) বলে এবং উহা হইতে ম্যাগনেসিয়াম, ব্রোমিন প্রভৃতি নিষ্কাশন করা হয়।

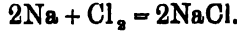
শীতপ্রধান দেশে সূর্যতাপের প্রাচুর্য ও তীব্রতা অনেক কম, সেই কারণে সমুদ্রজল সূর্যতাপে গাঢ় করা সুকঠিন। এইজন্য শীতপ্রধান দেশসমূহে, বিশেষতঃ হিমমণ্ডলের নিকটস্থ দেশসকলে, শৈত্যপ্রয়োগে সমুদ্রজলকে আংশিকভাবে বরফে পরিবর্তিত করিয়া পৃথক করা যায়। ইহাতে সমুদ্রজল হইতে লবণের গাঢ় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। পরে বৃহৎ কটাহে গাঢ় দ্রবণ লইয়া উত্তাপপ্রয়োগে উহাকে আরও ঘনীভূত করা হয়। এইভাবে সংপৃক্ত দ্রবণে সমুদ্রজল পরিবর্তিত হইলে উহাকে শীতল করিলে খাদ্য-লবণ কেলাসিত হইতে আরম্ভ হয় এবং তখন উহা সংগ্রহ করা হয়।

জার্মাণীতে উচ্চ স্থানে মাচা বাঁধিয়া তাহাতে গাছের ডালপালা সাজান হয়। তাহার পর পাম্প (pump) দ্বারা সমুদ্রজল সেই মাচার উপর ফোয়ারার আকারে ঢালা হয়। সেখানে যথেষ্ট বায়ুপ্রবাহ থাকার ফলে জল বাষ্পাকারে উপিয়া যায় এবং গাছের পাতার উপর লবণ কেলাসিত হয়। সেই কেলাসিত লবণ পাতা হইতে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) **খনি হইতে ঃ** অনেক স্থলে খনি হইতে লবণের চাপ (block) কাটিয়া উত্তোলন করা হয়। আবার অনেক খনিতে গভীর গর্ত খনন করিয়া পাম্পের (pump) সাহায্যে জল ঢালিয়া দেওয়া হয়। লবণ জলে দ্রবীভূত হয় এবং লবণের গাঢ় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই গাঢ় লবণের দ্রবণকে পাম্প দিয়া উপরে তুলিয়া আনিয়া কড়াই-এ (pan) বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়াইলে লবণ কেলাসিত হয়। অনেক কারখানায় কম চাপে (under reduced pressure) লবণের দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়ান হয়।

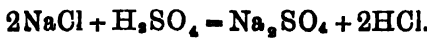
বাজারের সাধারণ লবণের অশুদ্ধি ঃ সাধারণ লবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$), ম্যাগনেসিয়াম সলফেট ($MgSO_4$), ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$), এবং সোডিয়াম সলফেট (Na_2SO_4) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ইহাদের মধ্যে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড থাকার ফলে বাজারের সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী (deliquescent) হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী নহে।

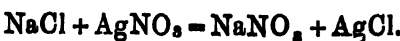
বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের প্রস্তুতি ঃ (ক) বিশুদ্ধ ধাতব সোডিয়াম বিশুদ্ধ ক্লোরিণ গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl.$$

(খ) বাজারের লবণ হইতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে জলে লবণের সংপৃক্ত (saturated) দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। তাহার পর উক্ত দ্রবণ পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতের ভিতর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অতিক্রম করান হয়। তখন বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাদা স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি অশুদ্ধি দ্রবণে থাকিয়া যায়। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া ফিল্টার কাগজের উপরিস্থিত অবশেষকে (residue) বিশুদ্ধ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া ধৌত করা হয়। তাহার পর সোডিয়াম ক্লোরাইডকে প্লাটিনামখর্পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড স্বচ্ছ, বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা 815° সেন্টিগ্রেডে গলে। ইহা জলে দ্রবণীয়। 15° সেন্টিগ্রেডে 100 গ্রাম জলে 35·78 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে দ্রবণের দ্রাব্যতা অতি সামান্যই বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় ("রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথম ভাগ, চতুর্থ সংস্করণ, পৃ: 127 চিত্র নং 29 দেখ)। সাধারণ খাদ্য-লবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা বায়ু হইতে জল আকর্ষণ করিয়া গলিয়া যায়। কিন্তু বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী নহে। সাধারণ খাদ্য-লবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অশুদ্ধি থাকে বলিয়া উহা জল আকর্ষণ করে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং উত্তাপদ্বারা নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পুরাপুরিভাবে সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিয়োজন হইতে উৎপন্ন হয় :

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl.$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট যোগ করিলে বিপরিবর্ত ক্রিয়া (double decomposition) দ্বারা সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ এবং দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl.$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহার : (১) খাদ্য-লবণ হিসাবেই ইহা প্রধানতঃ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা খাদ্যে আস্বাদ (flavour) প্রদান করে এবং খাদ্য হজম করিতে সাহায্য করে। ইহা রক্তের উপাদান হিসাবে জীবদেহে দেখিতে পাওয়া যায়। (২) ইহা নানাপ্রকার শিল্পে ব্যবহৃত হয়। মাটি পোড়াইয়া যে পাইপ (pipe) তৈয়ারী হয় তাহার উজ্জ্বলতা (glaze) সম্পাদন করিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। (৩) শীতপ্রধান দেশের রাস্তায় জমা বরফ গলাইতে ইহা ব্যবহৃত হয়; লবণ বরফের উপর ছিটাইয়া দিলে বরফের হিমাঙ্ক কমিয়া যায় এবং উহা 0° সেন্টিগ্রেডের নিম্ন উষ্ণতায় গলিয়া যায়। (৪) হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড, কষ্টিক সোডা, ধাতব সোডিয়াম, সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম সলফেট, ক্লোরিণ প্রভৃতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড অনেকাংশে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

(Hydrochloric Acid or Hydrogen Chloride)

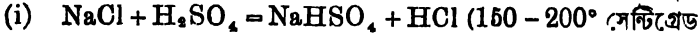
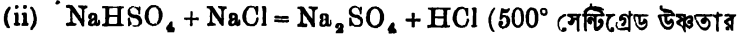
সংকেত **HCl** আণবিক ওজন **36·5** বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক **18 25**

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া একটিমাত্র যৌগ পদার্থ উৎপাদন করে। স্বাভাবিক উষ্ণতায় এই যৌগটি একটি গ্যাসরূপে পাওয়া যায়। গ্যাসীয় অবস্থায় ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বলে। ইহা অম্ল জাতীয় এবং জলে অতিশয় দ্রাব্য। জলের দ্রবণকে হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড বলে।

অবস্থান : আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত সময়ে উদ্ভূত গ্যাসে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সময় সময় দেখা যায়। আন্ত্রিক (Gastric) রসে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড শতকরা 0·2—0·4 ভাগ বর্তমান দেখিতে পাওয়া যায়। কুকুরের আন্ত্রিক রসে শতকরা 3 ভাগ পর্যন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেখিতে পাওয়া যায়।

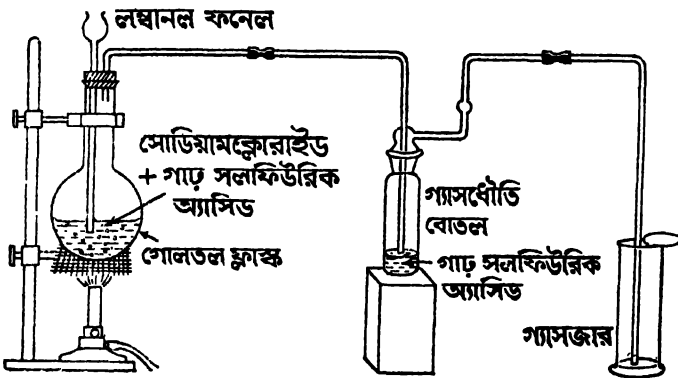
প্রস্তুতি : সাধারণ লবণের সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সমগ্রভাবে নির্গত হয়। সামান্য উত্তাপে এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-সলফেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন

হয়। উচ্চ তাপে (500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর) সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয় ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সম্পূর্ণরূপে উদ্ভূত হয়।

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150 – 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়)

(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর)

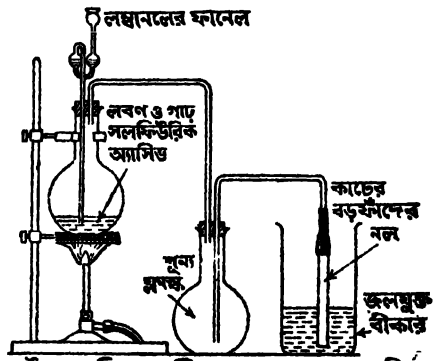
পরীক্ষাগারে যে তাপ প্রয়োগ করা হয় তাহাতে বিক্রিয়া (i) অনুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উদ্ভূত হয়।

পরীক্ষাগার পদ্ধতি : একটি ফ্লাস্কে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনল ফ্লাস্কের মুখে লাগানো কর্কের ভিতর দিয়া লাগান হয়। ফ্লাস্কে কিছু সাধারণ লবণ লওয়া হয়। দীর্ঘনল ফানেলের মধ্য দিয়া লবণের উপর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এরূপভাবে ঢালা হয় যাহাতে ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। অ্যাসিড যোগ করা মাত্র হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সাদা ধোঁয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে। ফ্লাস্কটিকে এই অবস্থায় তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা অল্পতাপে উত্তপ্ত করা হয়। বর্ণহীন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গমনল দিয়া বাহির হইতে থাকে। বাহিরের আর্দ্র

চিত্র নং 35

বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া ইহা সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। যেহেতু গ্যাসটি জলে অত্যধিক দ্রবণীয়, তাই জল অপসারণ দ্বারা এই গ্যাসটি সংগ্রহ করা যায় না

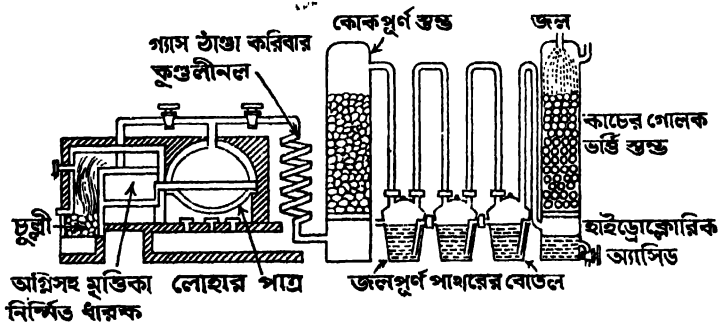
গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব-অপভ্রংশ দ্বারা ইহা সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসজার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা ভর্তি হইল কিনা দেখিবার জন্য একটি কাচদণ্ড অ্যামোনিয়ায় ডুবাইয়া গ্যাসজারের মুখে ধরা হয়। যখন ঘন সাদা ধোঁয়া দেখা যাইবে তখন বুঝিতে হইবে যে, গ্যাসজার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা ভর্তি হইয়াছে। শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সংগ্রহ করিতে হইলে উদ্ভূত গ্যাসকে গ্যাস ধৌত করিবার বোতলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া উক্ত অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করা হয় এবং তাহার পর হয় পারদের অপভ্রংশ দ্বারা অথবা বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে ভর্তি করা হয়। শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সংগ্রহ করিবার পদ্ধতি ছবিতে দেখানো হইয়াছে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের জলীয় দ্রবণঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জলে উক্ত গ্যাসের দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে। বাজারে দ্রবণটিই কিনিতে পাওয়া যায়। পরীক্ষাগারে গ্যাসের দ্রবণ তৈয়ারী করিতে নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।

উপরে লিখিত উপায়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুত করিয়া প্রথমে একটি খালি বোতল বা ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া লওয়া হয়। সেইজন্য দ্বিতীয় ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া নির্গমনলটিকে কর্কের ভিতর দিয়া সামান্যমাত্র প্রবেশ করান হয়। উক্ত কর্কের ভিতর দুই বার সমকোণে বাঁকানো একটি নল এরূপভাবে লাগানো হয় যে, তাহার শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের তলদেশে পৌঁছায়। নলটির অন্য প্রান্তে রবারের নলের টুকরা লাগাইয়া তাহার অপর প্রান্তে একটি কাচের বড় ফাঁদের নল লাগানো হয় এবং উহাকে বীকারস্থিত জলের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যধিক দ্রাব্য। যে পরিমাণ গ্যাস কোনও সময়ের ভিতর উৎপন্ন হয়, তাহা অপেক্ষা সেই সময়ের ভিতর বেশী পরিমাণ গ্যাস

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত-প্রণালী
চিত্র নং 36

জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। তাহাতে যন্ত্রে গ্যাসের চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং তখন নল দিয়া জল উঠিয়া ফ্লাস্কের ভিতর প্রবেশ করিতে পারে। গরম গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে জল লাগিলে ফ্লাস্ক বিস্ফোরণ-সহকারে ফাটিয়া যায়। সেই কারণে বড় কাঁদের নল বা উল্টানো ফানেলের ভিতর দিয়া গ্যাসটিকে জলের ভিতর প্রবেশ করান হয়। তাহাতে জল নলের ভিতর সামান্য দূর পর্যন্ত উঠিলেও ফ্লাস্কের ভিতর যাইবার পূর্বে উদ্ভূত গ্যাসের চাপে আবার নামিয়া যায়। অধিক সতর্কতা অবলম্বন করিয়া মধ্যস্থলে খালি ফ্লাস্কটি রাখা হয়। তাহাতে জল যদি নল দিয়া উঠিয়াও আসে তাহা খালি ফ্লাস্কে জমা হয়, গরম গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফ্লাস্কে যাইতে পারে না। এই ব্যবস্থাকে **Anti-Suction device** বলে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদনঃ (i) পরীক্ষাগারের রাসায়নিক প্রণালী প্রয়োগ করিয়াই সাধারণ লবণ হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদন সম্পন্ন করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য-উৎপাদন সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে লেব্লাঙ্ক (Leblanc) পদ্ধতিতে নিষ্পন্ন করিবার সময় প্রথম ধাপে সোডিয়াম ক্লোরাইডকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দিয়া চুল্লীর উত্তাপে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়াটি দুই পর্যায়ে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রথম পর্যায়ে চুল্লী হইতে দূরে অবস্থিত ঢালাই লোহার কড়াই-এ (Cast iron pan) সাধারণ

চিত্র নং 37

লবণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত গ্যাস দ্বারা প্রায় 200° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় গরম করা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে, উক্ত মিশ্রণকে ঠেলিয়া চুল্লীর নিকট অবস্থিত অগ্নিসহ মৃত্তিকা (fire-clay) দ্বারা নির্মিত চতুষ্কোণাকৃতি বাক্সে ফেলা হয় এবং আরও সাধারণ লবণ মিশ্রিত করিয়া চুল্লীর আগুনে 600°

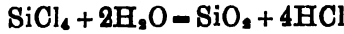
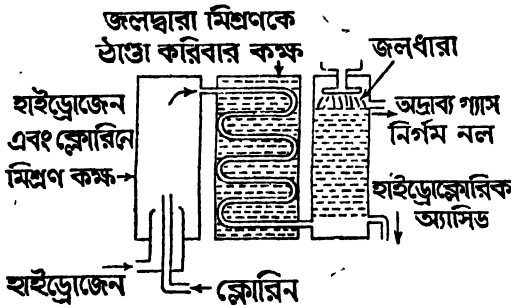
সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। দুইটি পাত্রের উপর পাথরের ঢাকনি দেওয়া থাকে এবং উদ্ভূত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস-নির্গমের জন্য পাথরের নির্গমনল লাগানো থাকে। প্রথম পর্যায়ে $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$, এই সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটে। দ্বিতীয় পর্যায়ে $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ এই সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয়। দুইটি স্থান হইতে নির্গত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে একটি কুণ্ডলী-নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে উদ্ভূত গ্যাস শীতল হয়। তাহার পর শীতল গ্যাসকে একটি স্তম্ভে কোক পূর্ণ (tower filled with coke) করিয়া সেই কোকের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। এই প্রক্রিয়ায় গ্যাস হইতে ভাসমান ধূলিকণা ও অন্যান্য কঠিন পদার্থ অপসারিত হয় এবং গ্যাসটি পরিস্রুত হয়। তৎপরে বড় বড় পাথরের (Stone-ware) বোতলের মধ্য দিয়া গ্যাসকে চালনা করা হয়। বোতলগুলি উল্ফ্ (Woulf) বোতলের মত এবং তাহাদের অর্ধেকটা জলপূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। এই জল শেষের বোতল হইতে সাইফন (siphon) ক্রিয়ার দ্বারা সামনের বোতলের দিকে আপনি হইতেই প্রবাহিত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দীর্ঘ-নল দিয়া সামনের বোতল হইতে ক্রমশঃ শেষের বোতলে যায়। জলের এবং গ্যাসের এই বিপরীতমুখী প্রবাহ (counter-current) প্রত্যেক বোতলের মধ্যে মিলিত হয় এবং তাহাতে উপযুক্ত পরিমাণ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যাহাতে যথেষ্ট পরিমাণ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইতে পারে তাহার জন্য বোতলগুলিকে শীতল জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। তাহা না হইলে গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হইবার সময় যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে জলে দ্রবীভূত গ্যাসের পরিমাণ অনেক কমিয়া যাইবে। সর্বশেষ বোতল হইতে যে গ্যাস বাহির হয় তাহা একটি কাচের গোলক-ভর্তি স্তম্ভে (tower filled with glass balls) প্রবেশ করিতে দেওয়া হয় এবং সেই সঙ্গে এই স্তম্ভের উপর হইতে ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। যে গ্যাস বোতলের জলে শোষিত না হইয়া বাহির হইয়া আসে তাহা এই স্তম্ভের জলের প্রবাহে দ্রবীভূত হয় এবং স্তম্ভের নীচে অবস্থিত আধারে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায়।

এই দ্রবণই বাজারে পণ্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (commercial Hydro-chloric acid) হিসাবে বিক্রয় করা হয়। এই অ্যাসিড মোটেই বিশুদ্ধ নয়।

এই অ্যাসিডে সলফিউরিক অ্যাসিড, সলফার-ডাই-অক্সাইড, আর্সেনিক ক্লোরাইড, ফেরিক ক্লোরাইড প্রভৃতি অশুদ্ধি মিশিয়া থাকে। ফেরিক ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকার জন্য বাজারের পণ্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বর্ণ হলদে হয়।

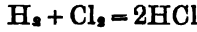
বাজারের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ষ্ট্যানস ক্লোরাইড যোগ করিয়া ফুটাইলে আর্সেনিকের বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। তখন তরল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে থিতাইয়া আস্রাবণ দ্বারা আর্সেনিকমুক্ত করা হয়; পরে বেরিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডকে বেরিয়াম সলফেটের অধঃক্ষেপ হিসাবে অপসারিত করা হয়; পরিস্রুত অ্যাসিডকে তামার ছিবড়াসহ ফুটাইলে উদ্বায়ী ফেরিক ক্লোরাইড অনুদ্বায়ী ফেরাস ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়। তখন পাতনক্রিয়া দ্বারা আংশিকভাবে বিশুদ্ধ (partially pure) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড পাইতে হইলে বিশুদ্ধ লবণ ও বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। তখনও অ্যাসিডের ভিতর অতি সামান্য হাইড্রোজেন সলফাইড অশুদ্ধিরূপে থাকে।

অতিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাইতে হইলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড ও জলের বিক্রিয়া ঘটান হয়:

$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

উদ্ভূত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে শুষ্ক মারকারীর (mercury, পারদ) উপর দিয়া অতিক্রম করাইয়া ক্লোরিণমুক্ত করা হয়।

চিত্র নং ৩৪

বর্তমানে সাংশ্লেষিক পদ্ধতি দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পণ্য

উৎপাদন সংঘটিত হইতেছে। যেখানে সস্তায় তড়িৎ-সরবরাহ সম্ভব সেইখানে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করা হয় এবং ক্লোরিণ গ্যাস ও হাইড্রোজেন গ্যাস উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই ক্লোরিণ ও হাইড্রোজেন সম-আয়তনে একটি সিলিকা দ্বারা নির্মিত ঊর্ধ্বমুখী নলের ভিতর চালনা করিয়া পোড়ানো হয়। তাহার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

এই উৎপন্ন গ্যাসকে জলে অবস্থিত কুণ্ডলী-নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া শীতল করা হয় এবং শোষক-স্তম্ভে জলের ধারায় দ্রবীভূত করা হয়। পরে প্রয়োজনানুসারে পাতন দ্বারা ঘন করিয়া বাজারে পাঠানো হয়। এই অ্যাসিড খুব বিশুদ্ধ।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম: (i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন শ্বাসরোধী ঝাঁঝালো-গন্ধযুক্ত গ্যাস। (ii) এই গ্যাসটির গঠন স্থায়ী (stable)। (iii) গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং (iv) জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। 15° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার জলে 458 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়ার মত "ফোয়ারা পরীক্ষা" দ্বারা ইহার দ্রাব্যতা ও অ্যাসিড-ধর্ম (acid character) সহজেই দেখানো যাইতে পারে। এই পুস্তকের ৩৩ পৃ: বর্ণিতমত একটি ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ভর্তি করা হয় এবং তাহার মুখে লাগানো কাচনলে যে রবারের নল লাগানো থাকে তাহা পিন্‌চ্‌-কক (pinch-cock) দ্বারা বন্ধ করা হয়। নিম্নের বীকারে নীল লিটমাসের দ্রবণ লওয়া হয় এবং ফ্লাস্কটি উল্টাইয়া বন্ধ রবারের নলের মুখটি উক্ত দ্রবণে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পরে পিন্‌চ্‌-কক্‌ খুলিয়া দিয়া ফ্লাস্কের মাথায় ঈথার (ether) ঢালিয়া ঠাণ্ডা করিলে নীল লিটমাসের দ্রবণ ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের মধ্যে উঠে এবং নীল লিটমাসের দ্রবণ লাল হয়। (v) সিক্ত বাতাসের সংস্পর্শে আসিলে ইহা ধূমায়িত অবস্থায় আসে। ইহার কারণ এই যে জলীয় বাষ্পের সহিত ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অতি ছোট ছোট ফোঁটা উৎপন্ন করে এবং তাহার ফলে ধোঁয়ার উৎপত্তি হয়। (vi) 15° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংপৃক্ত দ্রবণে মোট ওজনের শতকরা 43 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে এবং তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·231 হয়। বাজারে যে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিনিতে

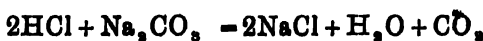
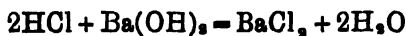
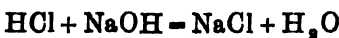
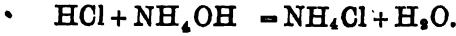
পাওয়া যায় তাহাতে সমগ্র ওজনের শতকরা 39 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে এবং তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·20 হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণকে পাতিত করিতে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসীয় অবস্থায় উড়িয়া যায় এবং দ্রবণটি পাতলা হইয়া যায়। আবার পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং দ্রবণটি গাঢ় হয়। উভয় ক্ষেত্রেই 760 মিলিমিটার পারদের চাপে উষ্ণতা 110° সেন্টিগ্রেডে পেঁ ছিলে মোট ওজনের শতকরা 20·24 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডযুক্ত দ্রবণ সমগ্রভাবে পাতিত হয়। সেই কারণে সাধারণ চাপে পাতনক্রিয়ার সাহায্যে দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস সম্পূর্ণভাবে তাড়ানো যায় না এবং 20·24% দ্রবণের অপেক্ষা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। এই দ্রবণকে নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ (Constant boiling mixture) বলে। ইহা যে মিশ্রণ মাত্র এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও জলের যৌগ নয় তাহা চাপ পরিবর্তনের সহিত ইহার স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন এবং ইহার সংযুতির পরিবর্তন হইতে প্রমাণিত হইয়াছে। (vii) গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সহজে তরল হয়, তরলের স্ফুটনাঙ্ক—85° সেন্টিগ্রেড। ইহাকে তরল বায়ুতে নিমজ্জিত নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে ইহা সাদা কেলাসিত কঠিনে পরিবর্তিত হয়। সেই কঠিনের গলনাঙ্ক হইল—111·4° সেন্টিগ্রেড। (viii) ইহা নিজে দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়কও নহে। একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একখণ্ড জলন্ত মোমবাতি প্রবেশ করাইলে বাতি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসও জ্বলে না। (ix) ইহা অম্লজাতীয় যৌগ এবং ইহার জলীয় দ্রবণ (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড) তীব্রভাবে আম্লিক। উহা নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট (dissociated) হইয়া H^+ – আয়ন এবং Cl^- – আয়ন দেয়। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$। ইহা এক-ক্ষারীয় (monobasic) অ্যাসিড। অ্যাসিডের ধর্মানুসারে ইহা সমস্ত ক্ষারজাতীয় বস্তুর সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে এবং বিভিন্ন ধাতুর ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে।

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

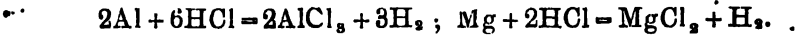
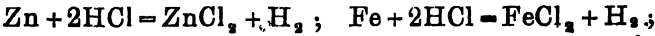
$$2HCl + CaO = CaCl_2 + H_2O$$

$$2HCl + Ba(OH)_2 = BaCl_2 + 2H_2O$$

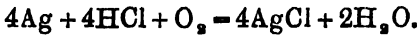
$$2HCl + Na_2CO_3 = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + 2H_2O + CO_2$$
$$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O.$$

(x) অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। সাদা ধোঁয়া পরে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়। দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ার ফলে কঠিন পদার্থ উৎপাদিত হওয়ার ইহা একটি দৃষ্টান্ত। $NH_3 + HCl = NH_4Cl.$

(xi) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সোডিয়াম, পটাসিয়াম, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুকে দ্রবীভূত করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 ; \quad Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 ;$$
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 ; \quad Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2.$$

অনেক ধাতু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা অনার্দ্র ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়ামের উপর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতিক্রম করাইলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া উর্ধ্বপাতিত হয়।

সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ও মারকারী প্রভৃতি বর-ধাতুর (noble metals) উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের বা গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের কোন ক্রিয়া নাই, কিন্তু অক্সিজেন ও অ্যাসিড একত্রিত হইয়া ক্রিয়া করিলে সিলভার হইতে সিলভার ক্লোরাইড (জলে অদ্রাব্য) উৎপন্ন হয়।

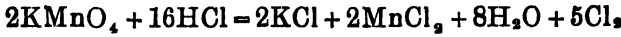
$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O.$$

কপার ও লেড গাঢ় ও উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) উৎপন্ন হয়। কিউপ্রাস ক্লোরাইড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য এবং লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রাব্য কিন্তু ঠাণ্ডা করিলেই সাদা অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়। তাই গাঢ় ও উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে উক্ত ধাতুদ্বয় দ্রবীভূত হয় বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

(xii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং লেড ডাই-অক্সাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

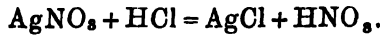
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$
$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O.$$

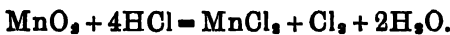
উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

কিন্তু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলেই সাধারণ উষ্ণতায় উহা জারিত হয় এবং ক্লোরিণ গ্যাসের প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে; তখন খুব পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিণ ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপাদনে, রঞ্জন-শিল্পে, রং প্রস্তুতে এবং লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের প্রলেপ দিবার সময় লোহার গায়ের মরিচা অপসারিত করিতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অভীক্ষণ ঃ (1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস হিসাবে থাকিলে একটি কাচদণ্ড অ্যামোনিয়ার দ্রবণে ডুবাইয়া গ্যাসজারস্থিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ভিতর ধরিলে ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। (2) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ গাঢ়-নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যামোনিয়ার পাতলা দ্রবণে সহজেই দ্রাব্য।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3.$$

(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সবুজ আভাবিশিষ্ট হলুদ রংএর ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভূত হয়। ক্লোরিণ গ্যাসকে তাহার রং এবং গন্ধ দ্বারা সহজেই চেনা যায়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O.$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি ঃ দুই প্রকার পদ্ধতি দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি নির্ধারিত হইয়াছে।

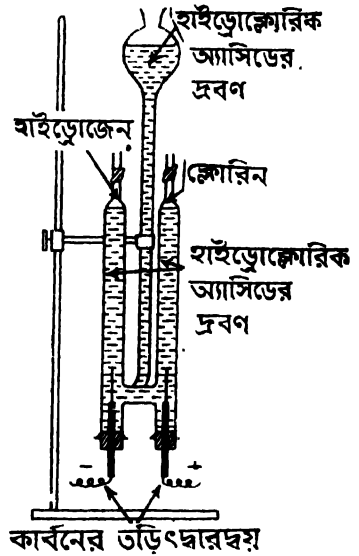
(1) **বৈশ্লেষিক (Analytical) পদ্ধতি** এবং (2) **সাংশ্লেষিক (Synthetic) পদ্ধতি।**

(1) বৈশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড লইয়া দুই প্রকার পরীক্ষা দ্বারা চরমভাবে ইহার আয়তনিক সংযুতি নির্ণীত হইয়াছে। (ক) হফম্যান

(Hofmann) তাঁহার নামীয় যন্ত্রে (Hofmann's Apparatu হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করিয়া দেখাইয়াছেন যে, ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে (anode) ক্লোরিণ গ্যাস এবং ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে (cathode) হাইড্রোজেন গ্যাস সম-আয়তনে উদ্ভূত হয়। (পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে অক্সিজেন এবং ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে হাইড্রোজেন-উদ্ভূত হয়।)

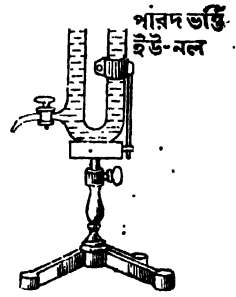
চিত্র নং 39

যন্ত্র এবং পরীক্ষার বর্ণনা ঃ হফম্যানের যন্ত্রে (পার্শ্বের ছবিতে প্রদর্শিত) তিনটি পরস্পর সংযুক্ত কাচের বাহু (limbs) থাকে। উহার দুই পার্শ্বের দুইটি বাহু সমান এবং অংশাঙ্কিত। এই দুইটি বাহুরই উপরের প্রান্ত ষ্টপ-কক দিয়া বন্ধ করা, এবং নিচের খোলা মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি বাহুতে দুইটি কার্বনের তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করানো থাকে। উৎপন্ন ক্লোরিণ দ্বারা প্লাটিনাম বা অন্য ধাতুর তড়িৎ-দ্বার আক্রান্ত হয় বলিয়া কার্বনের তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয়। মধ্যস্থিত বাহুর উপরে একটি বাল্‌ব (bulb) থাকে। সেই বালবের ভিতর দিয়া মধ্যের বাহুতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিলে উহা পার্শ্বের দুইটি বাহুতে সঞ্চিত হয়। এইভাবে পার্শ্বের বাহু-দুইটির ষ্টপ-কক খুলিয়া রাখিয়া বাহু দুইটি অ্যাসিডে ভরিয়া লইয়া ষ্টপ-কক বন্ধ করা হয়। অতিরিক্ত অ্যাসিড যথেষ্ট পরিমাণে মধ্যের বাহুতে থাকে। এইভাবে অ্যাসিড ভর্তি করা হইলে কার্বনের তড়িৎ-দ্বার দুইটি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া অ্যাসিডের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে অ্যাসিড বিশ্লেষিত হয় এবং যেখানে তড়িৎকোষের ঋণাত্মক মেরু সংযুক্ত করা থাকে সেই বাহুতে হাইড্রোজেন গ্যাস সঞ্চিত হয়; আর যেখানে উক্ত কোষের ধনাত্মক মেরু সংযুক্ত করা থাকে সেই বাহুতে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়, কিন্তু সেখানে কোন গ্যাস প্রথমে সঞ্চিত হইতে দেখা যায় না, কারণ উৎপন্ন ক্লোরিণ হাইড্রো-

ক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। কিছুক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ চালনা করার পর দ্রবণ ক্লোরিণ দ্বারা সংপৃক্ত হয় এবং তখন ধনাত্মক মেরু-সংযুক্ত বাহুতে ক্লোরিণ গ্যাস জমা হইতে থাকে। তখন দুই বাহুরই ষ্টপ-কক খুলিয়া দিয়া গ্যাস বাহির করিয়া দেওয়া হয় এবং দ্রবণ-ভর্তি অবস্থায় ষ্টপ-কক দুইটি পুনরায় একসঙ্গে বন্ধ করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ পূর্ববৎ চলিতেই থাকে। তখন ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত বাহুতে হাইড্রোজেন এবং ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত বাহুতে ক্লোরিণ সঞ্চিত হইতে থাকে। এই গ্যাস দুইটি যে যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ তাহা বিভিন্ন যথাযথ পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়। গ্যাস দুইটির আয়তন মাপিলে দেখা যায় যে, তাহাদের আয়তন সমান। অতএব এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড **সমায়তন** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের সংযোগে গঠিত।

উপরের পরীক্ষা হইতে আমরা কেবল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিণের আয়তনিক অনুপাত জানিতে পারি। কিন্তু কত আয়তনের অ্যাসিডে উক্ত আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকে তাহা জানা যায় না। সেইজন্য আরও একটি পরীক্ষা প্রয়োজন। সেই পরীক্ষাটি নিম্নলিখিত উপায়ে নিষ্পন্ন করা হয়।

(খ) **সোডিয়াম মারকারী সংকর** (Sodium amalgam) **পদ্ধতি ঃ** এই পরীক্ষার জন্য একটি U-আকৃতির কাচনল ব্যবহার করা হয়। কাচনলের একটি বাহুর উপরের প্রান্ত ষ্টপ-কক দ্বারা বন্ধ করা থাকে ; অপর বাহুর নীচের দিকে বাঁকের কাছে একটি ষ্টপ-ককযুক্ত কাচের নির্গমনল লাগানো থাকে। প্রথমে U-নলটি সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক মারকারী (পারদ) দ্বারা ভর্তি করা হয়। উপরের প্রান্তে যে ষ্টপ-কক আছে তাহা খুলিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতের যন্ত্রের নির্গমনলের সহিত যুক্ত করা হয় এবং বাঁকের মুখের নির্গমনলের ষ্টপ-কক খুলিয়া দেওয়া হয়। এইভাবে মারকারীর অপসারণ দ্বারা ষ্টপ-কক দ্বারা আবদ্ধ বাহুতে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ভর্তি করা হয়। তাহার পর উক্ত বাহুর উপরে অবস্থিত ষ্টপ-কক বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং খোলা মুখের বাহু হইতে নীচের ষ্টপ-কক খুলিয়া মারকারী বাহির করিয়া দিয়া দুই বাহুর মারকারী একই তলে আনা হয়। তখন যে আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় তাহার চাপ বহিঃস্থ বায়ুর চাপের সমান হয়। তখন গ্যাসের আয়তনকে একটি রবারের আংটি দিয়া সমান দুই ভাগে ভাগ করা হয়। তাহার পর

খোলা মুখের নলে সোডিয়াম-মারকারী সংকর (Sodium amalgam) ও মারকারী ঢালিয়া নলটি সম্পূর্ণ ভর্তি করা হয়। খোলা নলের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া নলকে কাত করিয়া সোডিয়াম মারকারী সংকর ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সংস্পর্শে আনা হয়। ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে সমস্ত বাকী গ্যাসকে বন্ধ নলে লওয়া হয়। তাহার পর দুই বাহুতে মারকারী একই তলে আনা হয়। তখন অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ বহিঃস্থ বায়ুর চাপের সমান হয়। পরীক্ষার আগে এবং পরে উষ্ণতা একই থাকে। এই অবস্থায় অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের অর্ধেক হয়, কারণ মারকারী রবারের আংটির সহিত একই সমতলে আসে। অবশিষ্ট গ্যাস যে হাইড্রোজেন তাহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়, যেহেতু গ্যাসটি প্রায় অদৃশ্য শিখাতে জ্বলে এবং পুড়িয়া কেবলমাত্র জল উৎপাদন করে। আরও ইহা প্যালা-ডিয়াম ধাতু দ্বারা শোষিত হয়। এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1 আয়তন হাইড্রোজেন থাকে।

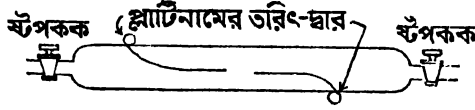
চিত্র নং 40

(i) উপরের পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে, দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন আছে। (ii) হফম্যানের পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকে।

সুতরাং দুইটি পরীক্ষার ফল একত্র করিলে দাঁড়ায়—দুই আয়তন হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিণ থাকে।

(2) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে দেখানো হয় যে, এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণ গ্যাসের মিশ্রণে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা অথবা সূর্যালোক দ্বারা বিক্রিয়া ঘটাইলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং পূর্বের উষ্ণতায় শীতল হইলে দেখা যায় যে, দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

যন্ত্র এবং পরীক্ষার বর্ণনা ঃ দুই দিকে ষ্টপ-ককযুক্ত একটি বড় ফাঁদের শক্ত কাচের নল লওয়া হয়। এই নলে তড়িৎ-দ্বারের কাজ করিবার জন্য দুইটি প্লাটি-নামের তার কাচ গলাইয়া লাগানো থাকে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা উৎপন্ন সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণকে গলি

চিত্র নং 41

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused calcium chloride) ভিতর দিয়া অতিক্র করাইয়া শুষ্ক করা হয় এবং এই শুষ্ক মিশ্রণটি অন্ধকারে কাচ নলের দুই দিকের ষ্টপ কক খুলিয়া দিয়া সম্পূর্ণরূপে বায়ু অপসারণ দ্বারা নলের ভিতর সংগ্রহ করা হয় তাহার পর ষ্টপ-কক দুইটি বন্ধ করিয়া দিয়া নলের ভিতরের প্লাটিনাম তার দুই আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) সহিত যোগ করা হয়। পরে আবেশকুণ্ডল চালাইয়া মিশ্রণের ভিতর তড়িৎস্ফুলিঙ্গ উৎপাদন করা হয়। তখন বিস্ফোরণ সহকারে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিণ মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপ করে। মিশ্রণের ফিকে হলুদ রং চলিয়া যায় এবং বর্ণহীন গ্যাস কাচ নলের ভিত থাকে। নলকে শীতল হইতে দেওয়া হয়। এক্ষণে কাচ নলটিকে ঊর্ধ্বমুখী করিয় একটি পাত্রে মারকারী রাখিয়া তাহার ভিতর নীচের মুখ ডুবাইয়া সেখানকার ষ্টপ ককটি খুলিয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে নল হইতে কোন গ্যাস বাহি হইয়া আসে না বা নলের ভিতর কোন মারকারী ঢোকে না। অতএব রাসায়নিব ক্রিয়ার ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। পরে মারকারীর উপর পাত্রে জল ঢালিয়া নলের মুখ জলের ভিতর আনা হয়। তখন গ্যাস জলে দ্রবীভূত হওয়া ফলে জল নলের ভিতর প্রবেশ করিয়া সমস্ত নলকে ভর্তি করে। সুতরাং হাই ড্রোজেন ও ক্লোরিণ সম্পূর্ণরূপে মিলিত হইয়াছে, কারণ জলে অদ্রাব্য হাইড্রোজে গ্যাস একটুও অবশিষ্ট থাকিলে সমস্ত নলটি জল ভর্তি হইত না। পরীক্ষা দ্বার দেখা যায় যে, এই জলের দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে ; এবং সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের সহিত সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ উৎপাদন করে। এই অধঃক্ষে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু পাতলা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে সহজে দ্রবীভূত হয়। সুতরাং উৎপন্ন গ্যাসটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। দ্রবণটি পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে যোগ করিলে কোন আয়োডিন মুক্ত হয় না। অতএব দ্রবণে কোন মুক্ত ক্লোরিণ নাই, অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়াছে। অতএব এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, এক

আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণ যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাই-

চিত্র নং 42

ড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এই পরীক্ষা ঠিক সমায়তন দুইটি কাচের নল মধ্যভাগে একটি ষ্টপ-কক দিয়া যুক্ত করিয়া লইয়া দুই নলের অপর প্রান্তে দুইটি ষ্টপ-কক লাগাইয়া লইয়া করা হইয়া থাকে। তাহাতে আয়তনের পরিমাণ ভাল বুঝা যায়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয়ঃ পরীক্ষা হইতে জানা যায়, 1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিণ = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

মনে করা যাউক যে, হাইড্রোজেনের এক আয়তনে হাইড্রোজেনের n অণু আছে।

অতএব, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে—

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিণ = $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিণ = 2 অণু " " ।

যেহেতু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের অণু দ্বি-পরমাণুক ; (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)

∴ 2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 2 পরমাণু ক্লোরিণ = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

∴ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 1 অণু " " ।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইবে HCl.

এই সংকেত অনুসারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক ওজন হইবে 1 + 35·5 = 36·5। এক্ষণে পরীক্ষা দ্বারা লব্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক = 18·25 এবং ইহার আণবিক ওজন হইবে 2 × 18·25 (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত অনুসারে M = 2 × D) = 36·5।

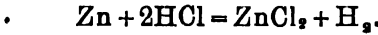
∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণুর নির্ভুল সংকেত হইল HCl।

ক্লোরাইডসমূহঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন লবণসমূহকে ক্লোরাইড বলা হয়। **ক্লোরাইডের প্রস্তুতিঃ** (1) ধাতব অক্সাইড, হাই-

ব্রমাইড বা কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে পরিস্রাবিত করিতে হয় এবং পরিস্রুত দ্রবণকে উত্তাপ দ্বারা জল তাড়াইয়া ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ধাতব ক্লোরাইড কেলাসিত হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

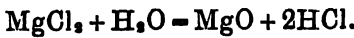
(2) কোন কোন ক্ষেত্রে ধাতুকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া পরিস্রাবণ দ্বারা দ্রবণকে অদ্রাব্য অশুদ্ধি হইতে পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ক্লোরাইড কেলাসিত হয়।

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2.$$

(3) কোন কোন ক্ষেত্রে জলে অদ্রাব্য ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3.$$

ধর্ম ঃ সিলভার ক্লোরাইড, মারকিউরাস ক্লোরাইড, কিউপ্রাস ক্লোরাইড এবং লেড ক্লোরাইড ছাড়া অন্য সমস্ত ধাতব ক্লোরাইড জলে দ্রাব্য; আবার লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু জলকে ঠাণ্ডা করিলে সাদা চকচকে কেলাস হিসাবে ইহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তাপ দিলে কোন কোন ক্লোরাইড গলিয়া যায় মাত্র, যথা পটাসিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, সিলভার ক্লোরাইড, প্রভৃতি। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্লোরাইড বিয়োজিত হয়, যেমন অরিক ক্লোরাইড $AuCl_3$। সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2, 6H_2O$) উত্তাপে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$MgCl_2, 6H_2O = MgCl_2, H_2O + 5H_2O$$

$$MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl.$$

আবার কোন কোন ক্লোরাইড বিয়োজিত না হইয়া উর্ধ্ব পাতিত হয়, যেমন মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2)।

(খ) ক্লোরিণ (Chlorine)

সংকেত—Cl, আণবিক সংকেত—Cl_2, পারমাণবিক ওজন—35·46, বাষ্পীয় ঘনত্ব 35·46।

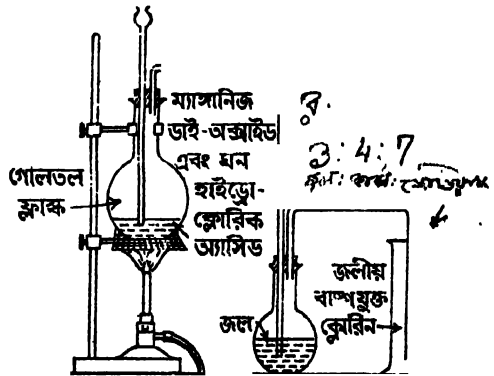
1774 খৃষ্টাব্দে শীলে (Scheele) ক্লোরিণ আবিষ্কার করেন। তখন ইহার নাম দেওয়া হয় অক্সিমিউরিয়েটিক অ্যাসিড, (Oxymuriatic acid), কারণ ইহা

মিউরিয়েটিক অ্যাসিডকে (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নাম) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া প্রস্তুত করা হইয়াছিল। 1810 খৃষ্টাব্দে ডেভি (Davy) ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এবং ইহার ফিকে সবুজ রংএর জন্য ইহার নাম ক্লোরিণ (Chloro = Pale Green) রাখেন।

অবস্থান ঃ মুক্ত অবস্থায় ক্লোরিণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। যৌগ হিসাবে ইহা প্রকৃতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ ($NaCl$), সিলভাইন (sylvine) অর্থাৎ পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), কারনালাইট ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) রূপে পাওয়া যায়। সমুদ্রজলে ও খনিতে যথেষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। জার্মানীর ষ্টাসফার্ট নামক স্থানে খনিতে প্রচুর পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

প্রস্তুত প্রণালী ঃ (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি দ্বারা জারিত করিয়া, অথবা (ii) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ধাতব ক্লোরাইডকে (সোডিয়াম ক্লোরাইড, সিলভার ক্লোরাইড প্রভৃতি) তড়িৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া, অথবা (iii) কোন কোন ধাতব ক্লোরাইডকে (অরিক ক্লোরাইড, প্লাটিনিক ক্লোরাইড) উত্তাপ দ্বারা বিয়োজিত করিয়া ক্লোরিণ উৎপাদিত হয়।

(i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে (ক) জারণ দ্বারা ঃ—

পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ—একটি গোলতল ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং দুই বার সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল লাগানো হয়। ফ্লাস্কের ভিতর কিছুটা গুঁড়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, MnO_2 (পাইরোলুসাইট নামক খনিজ পদার্থ) লওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর রাখিয়া দণ্ডের সহিত আংটা দিয়া আটকানো হয়। তৎপরে দীর্ঘনল

চিত্র নং 43

ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এরূপ পরিমাণে ঢালা

হয় যে, MnO_2-এর গুঁড়া এবং ফ্লানেলের নিম্নাংশ অ্যাসিডের ভিতর ডুবিয়া থাকে। দ্রবণের রং ঘোর বাদামি হয়। ফ্লাস্কে বুনসেন দীপ দ্বারা মৃদু উত্তাপ দেওয়া হয়। তখন সবুজ আভাযুক্ত হলুদবর্ণের গ্যাস ফ্লাস্কের ভিতর উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে। নির্গমনলের শেষ প্রান্ত অপর একটি ফ্লাস্কের মুখের কর্কের ভিতর দিয়া যাইয়া ফ্লাস্কে স্থিত জলের ভিতর ডুবানো থাকে। উত্থিত ক্লোরিণ গ্যাসের সহিত কিছু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মিশিয়া থাকে। জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ক্লোরিণ দুইই দ্রাবিত হয়, কিন্তু শীঘ্রই জলটি ক্লোরিণ দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া যায় এবং তখন ক্লোরিণ গ্যাস বাহির হইয়া আসে, কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা জল সংপৃক্ত না হওয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রাবিত হইতে থাকে। দ্বিতীয় ফ্লাস্কের মুখে অন্য একটি দুই বার সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল লাগানো থাকে। ক্লোরিণ গ্যাস সেইখানে বাহির হইয়া আসে এবং গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব-অপভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

দ্রষ্টব্য ঃ এই বিক্রিয়াটি দুই ধাপে নিষ্পন্ন হয়। প্রথমে সাধারণ উষ্ণতায় যে ঘোর বাদামী রংএর দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহাতে ম্যাঙ্গানিজ টেট্রাক্লোরাইড ($MnCl_4$) ও ম্যাঙ্গানিজ ট্রাইক্লোরাইড ($MnCl_3$) থাকে। পরে উত্তাপ দিে ইহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া ম্যাঙ্গনস্ ক্লোরাইড ($MnCl_2$) এবং ক্লোরিণ দেয়।

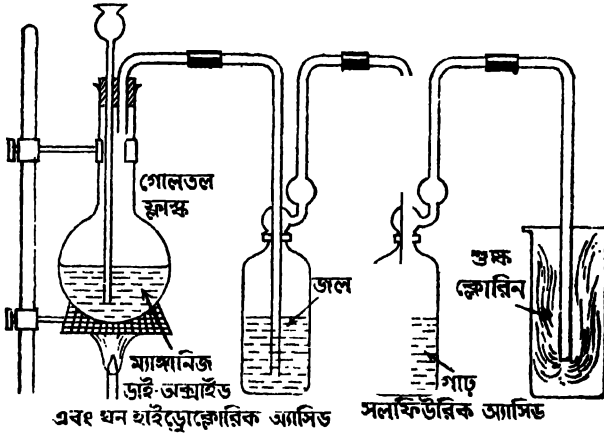
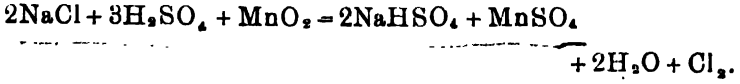
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O \qquad MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2.$$

$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2 \qquad 2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2.$$

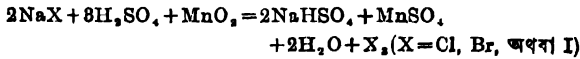
যদি শুষ্ক ক্লোরিণ প্রয়োজন হয় তবে পরবর্তী পৃষ্ঠার ছবিতে প্রদর্শিত মত উৎপন্ন ক্লোরিণকে প্রথমে একটি বোতলে জল রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপসারিত হইলে অন্য একটি বোতলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। পরে শুষ্ক-ক্লোরিণ গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

এই ক্লোরিণ প্রস্তুত করিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণের পরিবর্তে ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই

অক্সাইডের গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া লওয়া যাইতে পারে। এই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

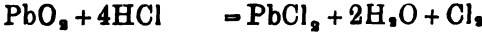
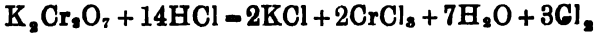
$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2.$$

চিত্র নং 44

দ্রষ্টব্য ঃ এই উপায়ে ক্লোরিণের তুল্য অন্য দুইটি মৌলিক পদার্থ ব্রোমিন এবং আয়োডিন মাইড এবং আয়োডাইড হইতে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যাইতে পারে। তাই এই পদ্ধতিকে লাইড (Halide) হইতে হ্যালোজেন প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি বলে। এই সমস্ত হ্যালোজেন ৎপন্ন হইবার সাধারণ সমীকরণ হইল

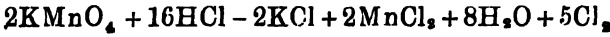
$$2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + X_2 (X = Cl, Br, \text{অথবা } I)$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হওয়ায় এই বিক্রিয়া জারণ-বিক্রিয়া (Oxidation)। অন্যান্য জারক-দ্রব্য (Oxidising agent) দ্বারাও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া ক্লোরিণ পাওয়া যাইতে পারে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট অথবা লেড ডাই-অক্সাইড অথবা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভূত হয়।

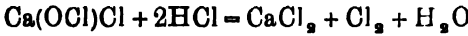
$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2.$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

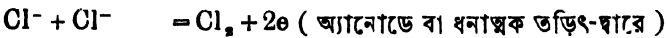
উত্তাপ প্রয়োগ না করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় পরীক্ষাগারে যথেষ্ট পরিমাণ ক্লোরিণ পাইতে হইলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু করিয়া ফেলিতে হয়। একটি শঙ্কু-কুপীর (conical flask) মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল এবং একটি সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল লাগানো হয়। শঙ্কু-কুপীতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাস অনেকগুলি লওয়া হয় এবং বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর ফেলা হয়। ক্লোরিণ উদ্ভূত হইয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে ("রসায়নের গোড়ার কথা" চতুর্থ সংস্করণ, প্রথম ভাগ 71 পৃঃ, চিত্র নং 13 দেখ)।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

অনুরূপভাবে ব্লিচিং পাউডারের [$Ca(OCl)Cl$] উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলেও সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

(খ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লিষ্ট করিলে ক্লোরিণ পাওয়া যায়। এইভাবে ক্লোরিণ উৎপাদনের জন্য হফ্‌ম্যান যে যন্ত্র ব্যবহার করিয়াছিলেন তাহা পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে (233 পৃঃ দেখ)।

$$HCl = H^+ + Cl^-$$

$H^+ + H^+ + 2e = H_2$ (ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে)

$Cl^- + Cl^- = Cl_2 + 2e$ (অ্যানোডে বা ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে)

সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ক্লোরিণ পাওয়া যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দুই ভাবে নিষ্পন্ন হইতে পারে। উত্তাপ দ্বারা তরলীকৃত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় এবং অ্যানোডে বা ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে ক্লোরিণ পাওয়া যায়। এখানে তড়িৎদ্বার হিসাবে আয়রণের ক্যাথোড এবং গ্যাসকার্বনের অ্যানোড ব্যবহৃত হয়। আবার সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয়

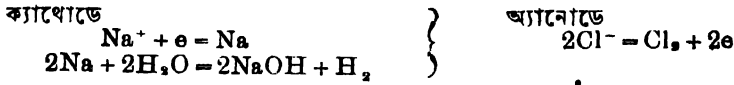
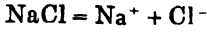
দ্রবণ বিভক্ত কোষে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা কার্বন অ্যানোডে ক্লোরিণ এবং আয়রণ ক্যাথোডে কষ্টিক সোডা (NaOH) এবং হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। এ বিষয়ে বিশদ আলোচনা ক্লোরিণের পণ্য-উৎপাদন-প্রসঙ্গে নিম্নে বর্ণিত হইয়াছে।

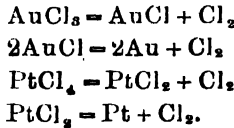
$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে

$$Na^+ + e = Na$$
$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অ্যানোডে

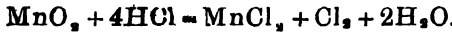
$$2Cl^- = Cl_2 + 2e$$

বিশুদ্ধ ক্লোরিণ প্রস্তুত করিতে হইলে অরিক ক্লোরাইড ($AuCl_3$) অথবা প্লাটিনাম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত গ্যাসকে পারদের অপভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

$$AuCl_3 = AuCl + Cl_2$$
$$2AuCl = 2Au + Cl_2$$
$$PtCl_4 = PtCl_2 + Cl_2$$
$$PtCl_2 = Pt + Cl_2.$$

ক্লোরিণের পণ্য-উৎপাদন : সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা বর্তমানে কষ্টিক সোডা বা ধাতব সোডিয়ামের পণ্য-উৎপাদন সময়ে ক্লোরিণ উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। কিন্তু তাহার পূর্বে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ দ্বারা ক্লোরিণের পণ্য-উৎপাদন নিষ্পন্ন হইত। তখন দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত ছিল। একটি **ওয়েলডন** (Weldon) পদ্ধতি এবং অপরটি **ডিকন** (Deacon) পদ্ধতি। পদ্ধতি দুইটির নামকরণ করা হইয়াছিল উদ্ভাবক বিজ্ঞানী ওয়েলডন ও ডিকনের নামানুসারে।

(ক) **ওয়েলডন পদ্ধতি :** রসায়নাগারে যে প্রক্রিয়া দ্বারা ক্লোরিণ তৈয়ারী করা হয় ওয়েলডন পদ্ধতিতে মূলতঃ সেই একই প্রক্রিয়া প্রযুক্ত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিণ পাওয়া যায়। ওয়েলডন পদ্ধতিতে কেবল পাত্রগুলি পাথরের তৈয়ারী এবং বৃহদায়তন, তাই উৎপাদিত ক্লোরিণের পরিমাণ অনেক বেশী।

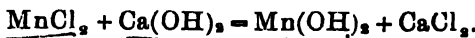
ওয়েলডন প্রণালীর বৈশিষ্ট্য হইল দামী ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পুনরুদ্ধারে। তাই এই প্রণালীতে একই পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবে বার বার ব্যবহার করা যায়।

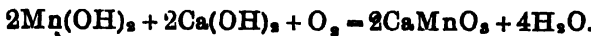
এই পদ্ধতিতে পাইরোলুসাইট (Pyrolusite, খনিজ পদার্থ এবং ইহাতে শতকরা 10 ভাগ ফেরিক অক্সাইড এবং 90 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড থাকে) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি বড় পাথরের পাত্রে (Stoneware Still) লইয়া পাত্রের ভিতর অবস্থিত ষ্টীম পাইপ দিয়া ষ্টীম চালনা করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ক্লোরিণ উদ্ভূত হইয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে।

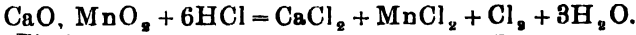
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O.$$

পাথরের পাত্রে যে দ্রবণ থাকে তাহাতে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড ($MnCl_2$), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এবং কিছু অবশিষ্ট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) প্রভৃতি পড়িয়া থাকে। এই অবশেষকে (spent liquor) পাথরের পাত্রের নিম্নে অবস্থিত ষ্টপ-কক যুক্ত পাইপের ষ্টপ-কক খুলিয়া দিয়া একটি ট্যাঙ্কে লওয়া হয় এবং তাহাতে যথেষ্ট পরিমাণ চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) যোগ করিয়া মিশ্রণকে আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত (neutralised) হয় এবং ফেরিক হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + CO_2 + H_2O.$$

তখন অধঃক্ষেপ সমেত দ্রবণটিকে অন্য একটি ট্যাঙ্কে পাম্পদ্বারা লইয়া যাওয়া হয় এবং সেখানে দ্রবণটিকে থিতাইতে (settle) দেওয়া হয়। গাদ (Sediment) থিতাইলে পরিষ্কার দ্রবণকে একটি চোঙ্গাকৃতি লৌহপাত্রে সরাইয়া লওয়া হয় এবং সেখানে তাহার সহিত হিসাবমত চুন-গোলা (milk of lime) মিশ্রিত করিয়া ষ্টীমের সাহায্যে 60° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উত্তপ্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া ছ্যাঁদা-করা পাইপের সাহায্যে অধিক চাপে বায়ু 4-5 ঘণ্টা ধরিয়া চালিত করা হয়। লৌহ পাত্রটিকে জারক-ঘর (Oxidising Chamber বা Oxidiser) বলে। প্রথমে চুনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড হইতে ম্যাঙ্গানাস্ হাইড্রক্সাইড উদ্ভূত হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2.$$

পরে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ম্যাঙ্গানস্ হাইড্রক্সাইড জারিত হইয়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহা অবশিষ্ট চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট (Calcium manganite, CaO, MnO_2 অথবা 2CaO, MnO_2) গঠন করে।

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O.$$

এই ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট কালো পাতলা কাদার আকারে জারক-ঘরের নীচে জমা হয়। ইহাকে **ওয়েলডন কাদা** (Weldon mud) বলে। ওয়েলডন্ কাদাকে জারক-ঘরের নীচে অবস্থিত অন্য একটি ট্যাঙ্কে লইয়া থিতাইতে দেওয়া হয়। সেখান হইতে এই কাদাকে পাইরোলুসাইটের পরিবর্তে ক্লোরিণ উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত বড় পাথরের পাত্রে লওয়া হয়। এই কাদাই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে।

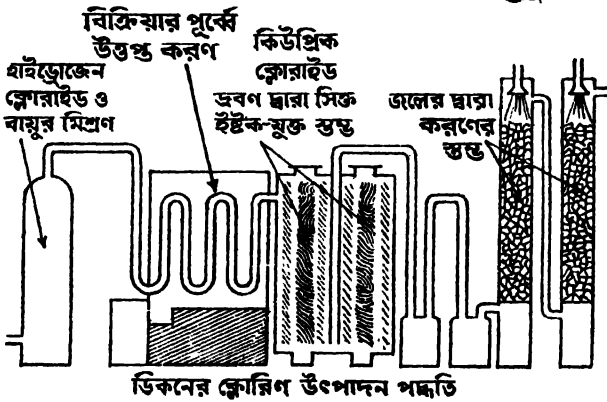
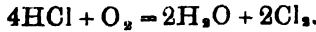
$$CaO, MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O.$$

তাই একই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া ব্যবহার করিয়া হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিণ উৎপাদন করা হয়।

এই পদ্ধতিতে যত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাহার শতকরা 30 ভাগ মাত্র জারিত হইয়া ক্লোরিণ দিয়া থাকে। বাকী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হইয়া নষ্ট হয়।

(খ) **ডিকনের পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে বায়ুর অক্সিজেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিতে ব্যবহৃত হয়। মূলতঃ বায়ুর অক্সিজেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অতি সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া অতি সামান্য পরিমাণ ক্লোরিণ দেয়।

$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2.$$

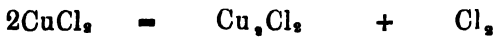
ডিকনের ক্লোরিণ উৎপাদন পদ্ধতি

চিত্র নং 45

কিন্তু 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কিউপ্রিক ক্লোরাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার

করিলে বিক্রিয়াটি খুব ত্বরান্বিত হয় এবং জারণের ফলে প্রয়োজনমত ক্লোরিণ পাওয়া যায়।

এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে পণ্য উৎপাদনে উদ্ভূত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং বায়ুর মিশ্রণ একটি স্তম্ভে লইয়া ধূলিমুক্ত করা হয়। তাহার পর একটি উত্তপ্ত প্রকোষ্ঠে (preheater) অবস্থিত লোহার নলের (iron pipe) মধ্য দিয়া লইয়া মিশ্রণটিকে 220° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উত্তপ্ত মিশ্রণটিকে অপর একটি লোহার স্তম্ভের (Contact Chamber) মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই স্তম্ভের মধ্যে ভাঙ্গা ইঁট কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা সিক্ত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় আনয়নের পর 440° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয়। স্তম্ভে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হয় এবং ক্লোরিণ উদ্ভূত হয়। এই উদ্ভূত ক্লোরিণ গ্যাসকে পর পর দুইটি স্তম্ভে জল দ্বারা ধৌত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস হইতে মুক্ত করা হয় এবং অন্য একটি স্তম্ভে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

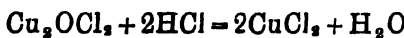
প্রথমে 450° সেন্টিগ্রেডে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড এবং ক্লোরিণ গ্যাস হয়।

$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

কিউপ্রিক ক্লোরাইড   কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড   ক্লোরিণ

এই কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা কিউপ্রাস্ অক্সি-ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$

কিউপ্রাস্ অক্সি-ক্লোরাইড।

এই কিউপ্রাস অক্সি-ক্লোরাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সহিত ক্রিয়া করে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড গঠন করে।

$$Cu_2OCl_2 + 2HCl = 2CuCl_2 + H_2O$$

উৎপন্ন কিউপ্রিক ক্লোরাইড আবার উত্তাপে ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড দেয়।

এই বিক্রিয়াগুলি অবিরাম চক্রাকারে চলিতে থাকে এবং ক্লোরিণ সমানেই উৎপন্ন হয়।

এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের শতকরা 60 ভাগ জারিত হইয়া ক্লোরিণ হয় এবং অবশিষ্ট শতকরা 40 ভাগ ধৌতকরণের স্তম্ভের নীচে হইতে সংগ্রহ করিয়া পুনর্ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ক্লোরিণের সহিত ব্যবহৃত

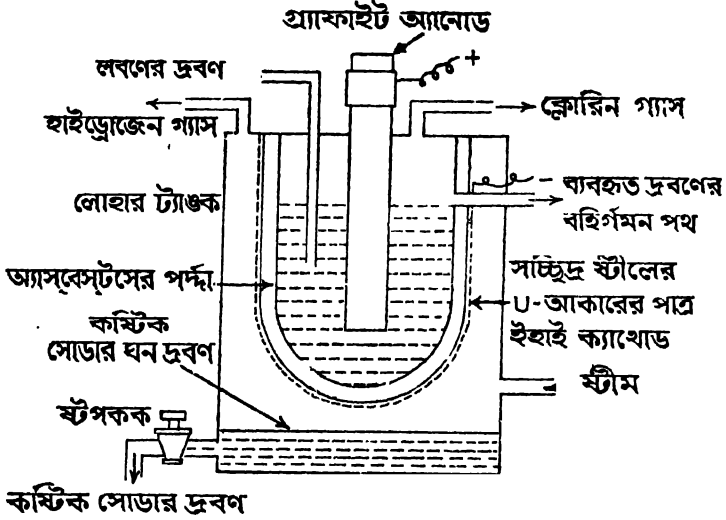
বায়ুর সমগ্র নাইট্রোজেন মিশিয়া থাকে। সেই কারণে ইহা খুব পাতলা ক্লোরিণ (8–10%)। এই ক্লোরিণ দ্বারা বিশেষ যন্ত্রে ব্লিচিং পাউডার তৈয়ারী করা হয়। ইহা পরে বর্ণিত হইয়াছে (২৫৬ পৃঃ দেখ)।

(গ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালীঃ** বর্তমানে ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদন সোডিয়াম ক্লোরাইডের (গলিত, fused, অথবা দ্রবণ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সম্পন্ন করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা কষ্টিক সোডা বহুল পরিমাণে তৈয়ারী করা হয় এবং তাহাতে গাঢ় ক্লোরিণ উপজাত হিসাবে প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা সোডিয়াম ক্লোরাইডের দাম অনেক কম; তাহা সহজে বোঝা যায়, কারণ সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সেই কারণে ওয়েলডন ও ডিকন পদ্ধতি লোপ পাইয়াছে এবং প্রয়োজনীয় সমস্ত ক্লোরিণ বর্তমানে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে প্রস্তুত করা হইতেছে।

নেল্‌সন কোষ (Nelson Cell)ঃ এই কোষে উৎপন্ন ক্লোরিণ এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড পরস্পর যাহাতে মিলিত হইতে না পারে তাহার ব্যবস্থা আছে। ইহার কারণ ক্লোরিণের সহিত সহজে কষ্টিক সোডার বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইড পুনর্গঠিত হয়।

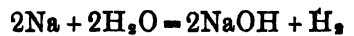
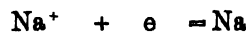
$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O.$$

একটি ইস্পাত-নির্মিত ট্যাঙ্কে একটি U-আকারের স্টীলের পাতের তৈয়ারী সচ্ছিদ্র পাত্র বসানো হয়। এই পাত্রটি ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। স্টীলের পাতের ছিদ্রগুলির উপর অ্যাসবেষ্টসের পরদা দেওয়া থাকে। স্টীল ট্যাঙ্কের নীচে একটি ষ্টপ-ককযুক্ত নল এবং উপরে একটি গ্যাস নির্গমনল লাগানো থাকে। ট্যাঙ্কের এবং U-আকারের পাত্রের মুখ সিমেণ্ট দিয়া বন্ধ করা হয়। উপরে সংযুক্ত নল দিয়া U-আকারের পাত্রে প্রয়োজনমত সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ (brine) যোগ করা হয় এবং U-আকারের পাত্রের পার্শ্বে অবস্থিত একটি বহির্গমন নল দিয়া ব্যবহৃত দ্রবণ বাহির হইয়া যায়। U-আকারের পাত্রের ঢাকনার সহিত একটি গ্যাস-নির্গম নল লাগানো থাকে। উপরের ঢাকনার ভিতর দিয়া একটি গ্র্যাফাইটের তৈয়ারী দণ্ড সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর বসানো হয়। *এই গ্র্যাফাইটের দণ্ড অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়।* ***U-আকারের পাত্রটিকে ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করা হয় এবং গ্র্যাফাইটের.***

দণ্ডটিকে উক্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করার ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইড

চিত্র নং 46

ভাঙ্গিয়া গিয়া ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে সোডিয়াম এবং ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম অ্যাসবেষ্টসের পর্দার ভিতর দিয়া U-আকারের পাত্রের বাহিরে আসে এবং সেখানে ট্যাঙ্কের গায়ে লাগানো ষ্টীম-পাইপ দ্বারা চালিত ষ্টীমের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ঘন কষ্টিক সোডার দ্রবণ উৎপন্ন করে। উদ্ভূত ক্লোরিণ নির্গমনল দিয়া বাহির হয়। এই ক্লোরিণকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের উপর সংগ্রহ করা হয়। পরে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া ক্লোরিণ শুষ্ক করা হয় এবং উচ্চ চাপে শুষ্ক ক্লোরিণকে তরল করিয়া লোহার চোঙে ভর্তি করিয়া বাজারে বিক্রয়ের জন্য পাঠানো হয়।

$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

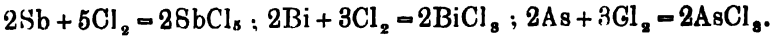
অ্যানোডে	ক্যাথোডে
$2Cl^{-} = Cl_2 + 2e$	$Na^{+} + e = Na$
	$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

আরও বহুপ্রকারের কোষ এইভাবে কষ্টিক সোডা ও ক্লোরিণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

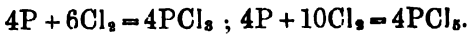
ক্লোরিণের ধর্ম ঃ (i) ক্লোরিণ একটি ফিকে আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের গ্যাস। (ii) ইহার একটি তীব্র অপ্রীতিকর গন্ধ আছে। (iii) ইহা একটি বিষাক্ত গ্যাস। ক্লোরিণ শ্বাসের সহিত টানিলে নাক ও গলার শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী ক্ষয় করে এবং অতিরিক্ত পরিমাণে টানিলে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটায়। (iv) ইহা বায়ু অপেক্ষা আড়াই গুণ ভারী। (v) ইহা জলে সামান্য মাত্রায় দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণে ক্লোরিণের বর্ণ ও গন্ধ বিদ্যমান থাকে। এই দ্রবণকে ক্লোরিণ-জল (chlorine-water) বলা হয়। সাধারণ লবণের দ্রবণে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। (vi) ক্লোরিণকে বরফ দ্বারা শীতল করিয়া অল্প চাপ দিলেই ইহা হলুদ বর্ণের তরলে রূপান্তরিত হয়।

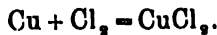
ক্লোরিণ একটি অত্যন্ত ক্রিয়াশীল মৌল

(vii) ক্লোরিণ নিজে দাহ্য নয়, কিন্তু ইহা দহনের সহায়ক। ফসফোরাস, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যান্টিমনি, বিসমাথ, কপার প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ গ্যাসে দিলে জ্বলিতে থাকে এবং উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা ঃ (ক) ক্লোরিণ গ্যাসপূর্ণ জারে ধাতব অ্যান্টিমনির গুঁড়া সামান্য উত্তপ্ত করিয়া ছুরির ডগা হইতে ফেলা হয়। ফুলঝুরির মত অগ্নিকণা অ্যান্টিমনির স্বতঃপ্রজ্বলন হইতে উৎপন্ন হয়। জারের নীচে অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড জমা হয়। এইরূপে আর্সেনিক বা বিসমাথের গুঁড়া ফেলিলেও অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া পড়ে এবং তাহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5 \; ; \; 2Bi + 3Cl_2 = 2BiCl_3 \; ; \; 2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3.$$

(খ) উজ্জ্বলন চামচে (Deflagrating spoon) সাদা ফসফোরাস লইয়া একটি ক্লোরিণপূর্ণ গ্যাসজারে ঢোকানো হয়। ফসফোরাস জ্বলিয়া উঠে এবং ফসফোরাসের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 6Cl_2 = 4PCl_3 \; ; \; 4P + 10Cl_2 = 4PCl_5.$$

(গ) সোনালী পাতা (Dutch metal) একটি ক্লোরিণপূর্ণ গ্যাসজারে নিক্ষেপ করা হয়। সোনালী পাতা জ্বলিয়া উঠে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2.$$

(viii) **ইহার হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইবার জন্য প্রবল আসক্তি আছে।** সেই কারণে ইহা মুক্ত হাইড্রোজেনের সহিত অতি সহজে যুক্ত হয়।

পরীক্ষা ঃ (ক) হাইড্রোজেন গ্যাস এবং ক্লোরিণ গ্যাস সমপরিমাণে একটি গ্যাসজারে অন্ধকার ঘরে মিশানো হয়। মিশ্রণটি সমেত গ্যাসজারটি রৌদ্রে ধরিলে বিস্ফোরণ-সহকারে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। রৌদ্রে না ধরিয়া ঘরের ভিতরের আলোয় ধরিলে বিস্ফোরণ হয় না, কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর ধীরে ধীরে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। ম্যাগনেসিয়ামের ফিতায় আগুন ধরাইয়া উৎপন্ন আলোয় মিশ্রণটিকে ধরিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণে বিস্ফোরণ-সহকারে বিক্রিয়া ঘটে। মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করিলেও বিস্ফোরণ সংঘটিত হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$.

(খ) প্রজ্বলিত হাইড্রোজেনের শিখা ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করানো হইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া দেখিতে পাওয়া যায়।

যৌগের হাইড্রোজেনও ক্লোরিণ টানিয়া লইয়া তাহার সহিত সংযুক্ত হয়।

পরীক্ষা ঃ (ক) গ্যাসজারে ক্লোরিণ গ্যাস ভর্তি করিয়া তাহার ভিতর উজ্জ্বলন চামচে একটি মোমবাতি জ্বালাইয়া চামচটি নামাইয়া দেওয়া হয়। মোমবাতিটি লাল অনুজ্জ্বল ধোঁয়াটে শিখার (lurid flame) সহিত জ্বলে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ঝুল (soot) উৎপন্ন হয়।

(খ) জলমুক্ত তার্পিণ তৈলে ফিল্টার কাগজ ডুবাইয়া ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর ছাড়িয়া দেওয়া হয়। ফিল্টার-কাগজ জ্বলিয়া উঠে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া এবং কার্বন উৎপন্ন হয়। $C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$.

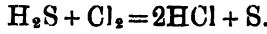
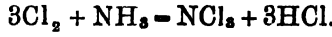
হাইড্রোজেন ও কার্বনের যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে এবং বাতি ও তার্পিণ তৈল দুইটি বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন। ইহাদের হাইড্রোজেনের সহিত ক্লোরিণ যুক্ত হয় এবং কার্বন ঝুলের আকারে উৎপন্ন হইয়া গ্যাসজারের গায়ে লাগিয়া থাকে।

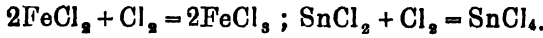
(ix) হাইড্রোজেনের প্রতি এই আসক্তির ফলে ক্লোরিণ অতি শক্তিশালী জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যৌগ হইতে হাইড্রোজেন অপসারণকে জারণপ্রক্রিয়া বলে। এই সমস্ত জারণক্রিয়ায় ক্লোরিণ নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। উদাহরণস্বরূপ অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে ক্লোরিণ দ্বারা হাইড্রোজেন অপসারণের বিক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা দেখানো হইল।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl.$$

দ্রষ্টব্য ঃ অতিরিক্ত ক্লোরিণের উপস্থিতিতে ভয়ঙ্কর বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$3Cl_2 + NH_3 = NCl_3 + 3HCl.$$

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S.$$

সময় সময় ক্লোরিণ কোন কোন পদার্থের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া পদার্থগুলিকে জারিত করে। যেমন উদাহরণ হিসাবে ফেরাস্ ক্লোরাইড ও ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইডের ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ফেরিক ক্লোরাইডে ও ষ্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিবর্তন উল্লেখ করা যায় :

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3 \; ; \; SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4.$$

আবার জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিণ পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়া দিয়া জারণপ্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, সলফার ডাই-অক্সাইডের ক্লোরিণের সহিত জলের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$.

(x) ক্লোরিণের অবস্থাভেদে জলের সহিত নানাভাবে বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

(ক) হিম-শীতল (0° সেন্টিগ্রেড) জলের ভিতর ক্লোরিণ গ্যাস দিলে ক্লোরিণ হাইড্রেটের ($Cl_2, 10H_2O$) সাদা কেলাস উৎপন্ন হয়।

(খ) সাধারণ উষ্ণতায় জলে ক্লোরিণ গ্যাস দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হলদে হয়। এই দ্রবণকে **ক্লোরিণ জল** (chlorine-water) বলে তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে।

(গ) ক্লোরিণ-জল রাখিয়া দিলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট (hydrolyses) হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড (HOCl) উৎপন্ন হয়। $Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$

(ঘ) ক্লোরিণ-জলকে বেশী দিন রাখিয়া দিলে বা উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাত্র দ্রবণে থাকে এবং অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$.

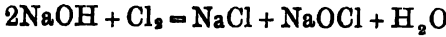
সেইজন্য পুরাতন ক্লোরিণ-জল নীল লিটমাসকে লাল করে। কিন্তু মুক্ত ক্লোরিণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে নীল লিটমাসের রং একেবারে চলিয়া (bleached) যাইত।

দ্রষ্টব্য ঃ—প্রথম অবস্থায় ক্লোরিণ-জলে যে হাইপোক্লোরাস্ অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহা বিশ্লিষ্ট হইয়া জায়মান অক্সিজেন (nascent oxygen) উৎপাদন করে। এই জায়মান অক্সিজেনের উদ্ভবের জন্যই ক্লোরিণ-জল জারক, বিরঞ্জক এবং বীজাণু-নাশক। $HOCl = HCl + O$ (জায়মান অক্সিজেন)

(ঙ) ষ্টীমের সহিত ক্লোরিণ সহজেই রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$.

(xi) ক্ষারের সহিত ক্লোরিণের দুইভাবে বিক্রিয়া ঘটে ঃ

(ক) **ঠাণ্ডা এবং পাতলা ক্ষার** (যথা কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস) ক্লোরিণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড এবং হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে।

$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$

(খ) অতিরিক্ত ক্লোরিণ গ্যাস উষ্ণ ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা ক্লোরাইড এবং ক্লোরেট উৎপাদন করে।

$$6NaOH + 3Cl_2 = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$

সোডিয়াম ক্লোরেট

$$6KOH + 3Cl_2 = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট

পটাসিয়াম ক্লোরেট সাদা কেলাস হিসাবে দ্রবণের তলায় জমা হয়। ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে ইহার ব্যবহার হয়। পরীক্ষাগারের বাহিরে পটাসিয়াম ক্লোরেট বাজী তৈয়ারী করিতে এবং বিস্ফোরণ ঘটাইতে ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ চুনের জল এবং চুন-গোলা (milk of lime) ক্ষারের দ্রবণ ও জলের সহিত ক্ষারের মিশ্রণ। সুতরাং ইহাদের সহিতও ক্লোরিণের উপরে লিখিত মত বিক্রিয়া ঘটে।

ঠাণ্ডা এবং পাতলা চুনের জলের সহিত কম পরিমাণ ক্লোরিণ ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট গঠন করে।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O.$$

অতিরিক্ত ক্লোরিণ উষ্ণ চুনগোলার ভিতর অতিক্রম করাইলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

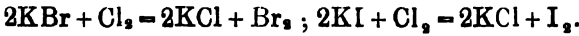
$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = Ca(ClO_3)_2 + 5CaCl_2 + 6H_2O.$$

কিন্তু শুষ্ক কলি চুন [Slaked lime, $Ca(OH)_2$, কেবলমাত্র পাথুরে চুন হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়; $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$] ক্লোরিণের সহিত 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ক্রিয়া করিয়া ব্লিচিং পাউডার (bleaching powder) দেয়। $Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$.

এই ব্লিচিং পাউডার একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। ইহার বিষয় পরে বলা হইয়াছে (পৃঃ ২৫৪ দেখ)। ইহার রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপো-ক্লোরাইট।

পাথুরে চুনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিণের কোন ক্রিয়া হয় না। কিন্তু লোহিত তাপে পাথুরে চুন ক্লোরিণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দেয় এবং অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। $2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$.

(xii) ক্লোরিণ ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন এবং আয়োডিন মুক্ত করে। কার্বন ডাই-সলফাইডযুক্ত পটাসিয়াম ব্রোমাইডের দ্রবণে ক্লোরিণ-জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া রাখিয়া দিলে দ্রবণের নিম্নে যে কার্বন ডাই-সলফাইডের স্তর উদ্ভূত হয় তাহা কমলালেবু রংএর হয়। কারণ ব্রোমিন কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রবীভূত হয়।

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2 \; ; \; 2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2.$$

উক্তরূপে পরীক্ষা পটাসিয়াম আয়োডাইড লইয়া করিলে কার্বন ডাই-সলফাইডের স্তর বেগুনী রংএর হয়।

(xiii) কার্বন মনোক্সাইডের সহিত ক্লোরিণ সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফস্‌জেন গ্যাস গঠন করে। $CO + Cl_2 = COCl_2$.

(xiv) **ক্লোরিণ একটি বিরঞ্জন গুণবিশিষ্ট গ্যাস।**

আর্দ্রতার (moisture) উপস্থিতিতে ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভিদ হইতে সঞ্জাত রঙ্গিন দ্রব্যকে বর্ণশূন্য করে। আর্দ্রতা না থাকিলে ক্লোরিণের নিজের এই বিরঞ্জন ক্ষমতা দেখা যায় না। ক্লোরিণ প্রথমে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই জায়মান অক্সিজেন রঙ্গিন দ্রব্যের রংকে জারিত করিয়া নাশ করে, কারণ রং হইতে উৎপন্ন জারিত পদার্থ বর্ণহীন। সুতরাং শুষ্ক ক্লোরিণ শুষ্ক দ্রব্যকে বিরঞ্জিত করে না।

পরীক্ষা: শুষ্ক ক্লোরিণে ভর্তি করিয়া কয়েকটি গ্যাসজার লওয়া হয়। তাহার ভিতর শুষ্ক লাল ফুল, নীল লিটমাসের গুঁড়া, লাল কালিতে ভিজাইয়া

পরে শুষ্ক-করা কাপড়ের টুকরা এবং লিখিবার কালি দিয়া লেখা, ছাপিবার কালি লাগানো এবং পেন্সিল-দিয়া-লেখা কাগজের টুকরা ছাড়িয়া দেওয়া হয়। কিন্তু কোন দ্রব্যই বিরঞ্জিত হয় না। তাহার পর প্রত্যেক গ্যাসজারে একটু একটু জল ছিটাইয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে ছাপাকালি লাগানো ও পেন্সিল দিয়া-লেখা কাগজের দাগ থাকিয়াই যায় কিন্তু অন্য সকল দ্রব্যের রং চলিয়া গিয়া সাদা হয়। ছাপা কালিতে এবং পেন্সিলে কার্বন থাকে এবং রং যাহা হয় তাহা কার্বনের জন্য। ক্লোরিণের কার্বনের সহিত কোন ক্রিয়া হয় না।

ক্লোরিণের অভীক্ষণ : (i) ক্লোরিণকে তাহার ফিকে সবুজ রং, তীব্র শ্বাসরোধী ব্লিচিং পাউডারের মত গন্ধ এবং রং-নাশক গুণ দ্বারা চিনিতে পারা যায়।

(ii) **রাসায়নিকভাবে পরীক্ষা :** একখানি কাগজকে প্রথমে শ্বেতসারের (starch) দ্রবণে ডুবাইয়া তাহার পর পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ডোবানো হয়। ইহাকে আয়োডাইড-যুক্ত শ্বেতসার কাগজ (iodised starch paper) বলে। এই কাগজ ক্লোরিণ গ্যাসে ধরিলে কাগজটি নীলবর্ণ প্রাপ্ত হয়। ইহার কারণ ক্লোরিণ পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে এবং সেই আয়োডিন শ্বেতসারের সহিত নীল রংএর যৌগ উৎপন্ন করে।

দ্রষ্টব্য : যে-কোন জারক-দ্রব্য এইরূপভাবে আয়োডাইড-যুক্ত শ্বেতসার কাগজকে নীল করে। তাই (i) এবং (ii) একত্রে ক্লোরিণকে চিনাইতে পারে।

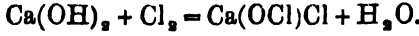
ক্লোরিণের ব্যবহার : (i) জলের জীবাণু নাশ করিতে এবং অ্যান্টিসেপ্‌টিক (antiseptic) হিসাবে, (ii) কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে এবং (iii) ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন প্রভৃতি দ্রব্যের পণ্য-উৎপাদনে ও (iv) বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও যুদ্ধে ব্যবহার করিবার জন্য বিষাক্ত গ্যাস (যথা mustard gas, phosgene gas, chloropicrin gas ইত্যাদি) প্রস্তুত করিতে ক্লোরিণ ব্যবহৃত হয়। *মুক্ত ক্লোরিণ গ্যাসও সময় সময় যুদ্ধে বিষাক্ত গ্যাস হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।*

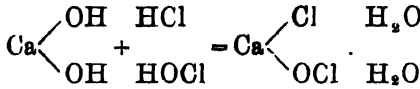
(ঘ) ব্লিচিং পাউডার (Bleaching Powder)

সংকেত, Ca(OCl)Cl

ব্লিচিং পাউডার বা বিরঞ্জক চূর্ণ বিরঞ্জক-হিসাবে এবং সংক্রামক ব্যাধির জীবাণুনাশক হিসাবে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় এবং সেই কারণে ইহার পণ্য-উৎপাদন প্রত্যেক দেশের শিল্পজগতে একটি বিশেষ স্থান পাইয়া থাকে।

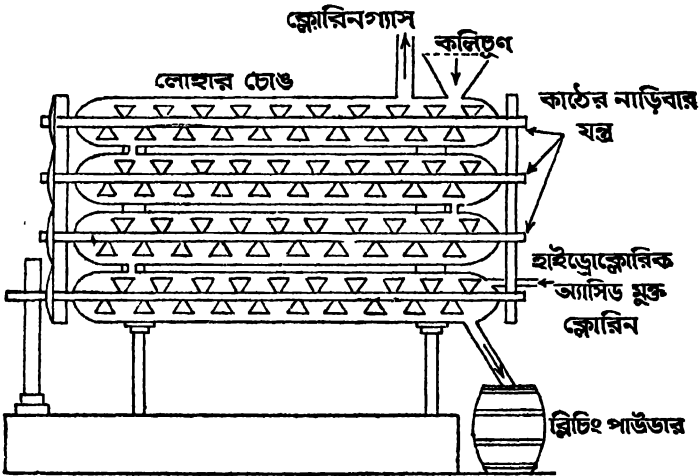
শুষ্ক কলিচুনের উপর ক্লোরিণের বিক্রিয়া দ্বারা ব্লিচিং পাউডার তৈয়ারী করা হয়। এই বিক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয়, উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং তাহাতে বিক্রিয়া পুরাপুরি ঘটিতে পারে না। তাই বিক্রিয়ার সময় উষ্ণতা যাহাতে 40° সেন্টিগ্রেডের উপর না যায় তাহার ব্যবস্থা করা হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O.$$

ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম হইল ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের (HOCl) যুগ্ম-লবণ বলা যাইতে পারে।

$$Ca\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix} + \begin{matrix} HCl \\ HOCl \end{matrix} = Ca\begin{matrix} \diagup Cl \\ \diagdown OCl \end{matrix} \; . \; \begin{matrix} H_2O \\ H_2O \end{matrix}$$

পণ্য-উৎপাদন (i) গাঢ় ক্লোরিণ (ওয়েলডন পদ্ধতিতে বা তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত) হইতেঃ একসারি সীসা (লেড) নির্মিত এবং সিমেণ্টের মেঝেযুক্ত বায়ুনিরুদ্ধ প্রকোষ্ঠে প্রায় 4 ইঞ্চি গভীর স্তরে প্রায় শুষ্ক (আর্দ্রতার পরিমাণ শতকরা 4 ভাগের বেশী হইতে পারিবে না) কলিচুন রাখা হয়। সিমেণ্টের মেঝের ভিতর কয়েকটি নল থাকে এবং নলের ভিতর দিয়া শীতল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রবাহিত করিয়া কলিচুনের উষ্ণতা 40° সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখা হয়। কলিচুনকে মাঝে মাঝে নাড়িয়া দিবার জন্য কাঠের হাতা (stirrer) চুনের সহিত সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়। বিক্রিয়ার শেষের দিকে অবশিষ্ট ক্লোরিণ গ্যাস শোষণ করিবার জন্য ইলেকট্রিক পাখা দ্বারা কলিচুনের গুঁড়া ধুলার মত প্রকোষ্ঠের ভিতর ছিটাইয়া দিবার ব্যবস্থা থাকে। প্রকোষ্ঠের দরজা কাচের তৈয়ারী; তাহাতে ভিতরের সমস্ত ক্লোরিণ শোষিত হইল কিনা তাহা বাহির হইতে দেখিয়া বুঝা যায়। ক্রিয়াশেষে যাহাতে ব্লিচিং পাউডার বাহির করিতে পারা যায় তাহার জন্য মেঝেতে একস্থানে একটি গর্ত রাখিয়া তাহা কাঠ দিয়া বন্ধ করা থাকে এবং সেই কাঠ সরাইবার ব্যবস্থা থাকে।

প্রথমে কলিচুনের স্তরকে আঁচড়াইয়া (furrowed) ক্লোরিণ সমভাবে শোষিত হইবার ব্যবস্থা করিয়া দেওয়া হয়; তাহার পর প্রকোষ্ঠের উপরে অবস্থিত একটি প্রবেশ-নলের সাহায্যে প্রকোষ্ঠের ভিতরে শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত) চালিত করা হয়। মাঝে

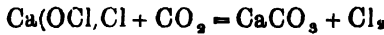
মাঝে কাঠের হাতা দ্বারা কলিচুনকে নাড়িয়া দেওয়া হয়। ক্লোরিণ কলিচুন দ্বারা শোষিত হয় এবং ধীরে ধীরে ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়। কাচের দরজা এবং জানালার ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাসের বর্ণ দেখিয়া বুঝা যায় যে ক্লোরিণ গ্যাস আর শোষিত হইতেছে না। প্রায় 40 ঘণ্টায় বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। তাহার পর ইলেকট্রিক পাখার সাহায্যে কলিচুনের গুঁড়া সামান্য পরিমাণে প্রকোষ্ঠের ভিতর ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ক্রিয়াশেষে প্রকোষ্ঠের দরজা খুলিয়া কোদাল দিয়া পাউডারকে মেঝের কাঠ সরাইয়া যে ছিদ্র হয় তাহার ভিতর দিয়া পিপেতে ভর্তি করা হয় এবং পিপে ভর্তি হইলে পিপের মুখ বন্ধ করিয়া বাজারে বিক্রয়ের জন্য পাঠানো হয়।

(ii) অতি পাতলা ক্লোরিণ (ডিকন পদ্ধতিতে উৎপন্ন) হইতে: হ্যাসেনক্লেভারের উদ্ভাবিত যন্ত্রের সাহায্যে অত্যন্ত পাতলা ক্লোরিণ গ্যাস ব্যবহার করিয়াও ভাল ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। ইহাতে কয়েকটি ঢালাই লোহার তৈয়ারী প্রশস্ত নল বা সিলিণ্ডার পরপর একটির উপর আর একটি

চিত্র নং 47

অনুভূমিকভাবে রাখা হয়। উহাদের প্রত্যেকটি একটি করিয়া ধীরে ধীরে ঘূর্ণায়মান "স্ক্রুর" সহিত যুক্ত থাকে এবং ঐ স্ক্রুর সহিত দীর্ঘ আলোড়ক লাগানো থাকে সকলের উপরের সিলিণ্ডারে একটি বড় ফাঁদের চোঙের মধ্য দিয়া শুষ্ক

কলিচুন দেওয়া হয় এবং স্ক্রু ঘুরাইয়া আলোড়ক ঘোরানো হয়। আলোড়কের ঘূর্ণনের দ্বারা কলিচুন সিলিণ্ডারের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যায় এবং শেষ প্রান্ত হইতে নির্গমপথে দ্বিতীয় সিলিণ্ডারে পতিত হয়। এইভাবে কলিচুন সমস্ত কয়টি সিলিণ্ডার অতিক্রম করে। সর্বনিম্ন সিলিণ্ডারের ভিতর শেষ প্রান্ত দিয়া পাতলা ক্লোরিণ গ্যাস প্রবেশ করানো হয়। উপরের দিক হইতে কলিচুন নীচে নামিয়া আসে এবং নীচে হইতে ক্লোরিণ গ্যাস উপরে উঠে। বিপরীতমুখী স্রোতের নীতিতে (Counter-current Principle) কলিচুন ও ক্লোরিণ নিবিড় সংস্পর্শে আসে এবং ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়। সর্বনিম্ন সিলিণ্ডার হইতে ব্লিচিং পাউডার একেবারে পিপেতে ভর্তি করা হয়। সিলিণ্ডারের বাহির দিয়া শীতল জলস্রোত প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

ব্লিচিং পাউডারের ধর্ম ঃ ব্লিচিং পাউডার একটি অনিয়তাকার সাদা গুঁড়া পদার্থরূপে পাওয়া যায়। ইহা হইতে ক্লোরিণের তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা উদ্‌গ্রাহী নহে। বায়ুর সংস্পর্শে আসিলে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা ইহা বিশ্লিষ্ট হয় এবং সেই কারণেই ক্লোরিণের গন্ধ পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl,Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$$

ইহা জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয় এবং জলের দ্রবণে ইহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইটের মিশ্রণে পরিণত হয়।

$$2Ca(OCl)Cl + [H_2O] = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + [H_2O].$$

অতি পাতলা খনিজ অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে ব্লিচিং পাউডার হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড দেয়; শতকরা 5 ভাগযুক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত পাতনক্রিয়া দ্বারা ইহা হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

$$2Ca(OCl)Cl + 2HNO_3 = CaCl_2 + Ca(NO_3)_2 + 2HOCl.$$

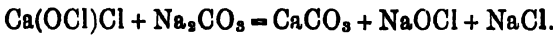
অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্রিয়াতেও ব্লিচিং পাউডার হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সাধারণভাবে তৈয়ারী পাতলা অ্যাসিডের ক্রিয়ায় ক্লোরিণ নির্গত হয়।

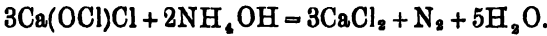
$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$
$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O.$$

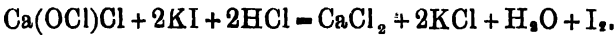
এইভাবে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় বলিয়াই ব্লিচিং পাউডার বিরঞ্জক হিসাবে ক্রিয়া করে।

ব্লিচিং পাউডারের জলের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে

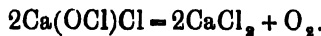
রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট দ্রবণে উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + Na_2CO_3 = CaCO_3 + NaOCl + NaCl.$$

ব্লিচিং পাউডারের গুঁড়ার উপর গাঢ় অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + N_2 + 5H_2O.$$

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে। ইহা ব্লিচিং পাউডারের জারণ-ক্ষমতার পরিচায়ক।

$$Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2.$$

কোবাল্টের যোগসমূহের উপস্থিতিতে ব্লিচিং পাউডার বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

প্রথমে ব্লিচিং পাউডারে যে সামান্য কলিচুন মিশ্রিত থাকে তাহার সহিত বিক্রিয়ায় কোবাল্টাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই কোবাল্ট অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া ব্লিচিং পাউডার হইতে অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2.$$

প্রাপ্য ক্লোরিণ (Available chlorine): শুষ্ক এক গ্রাম-আণবিক ওজনের (গ্রামে প্রকাশিত ব্লিচিং পাউডারের কার্যকরী অংশের অর্থাৎ Ca(OCl)Clএর আণবিক ওজন হইল 127 গ্রাম) ব্লিচিং পাউডারের সহিত পাতলা অম্লের ক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্লোরিণ পাওয়া যায় তাহাকে প্রাপ্য ক্লোরিণ বলে। ব্লিচিং পাউডারে সাধারণতঃ শতকরা 35·4 ভাগ প্রাপ্য ক্লোরিণ থাকে।

ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার: ব্লিচিং পাউডার বীজাণুনাশক হিসাবে জলের বীজাণু নাশ করিতে, তুলা ও বস্ত্রশিল্পে এবং কাগজের মণ্ড প্রস্তুতে বিরঞ্জক হিসাবে, ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করিতে এবং সাধারণ বীজাণুনাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

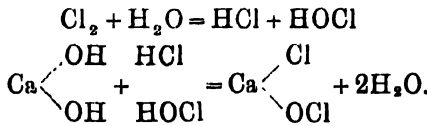
বিরঞ্জন প্রণালী (Process of bleaching): প্রথমে কাপড়ে যে তৈলাক্ত (greasy) পদার্থ লাগিয়া থাকে তাহা অপসারণের জন্য কাপড়কে পাতলা কষ্টিক সোডার দ্রবণে ফুটাইয়া জলে ধৌত করিয়া লওয়া হয়। তাহার পর ধৌত কাপড়কে ব্লিচিং পাউডারের ঠাণ্ডা পাতলা দ্রবণে ভিজাইয়া লইয়া উহাকে অত্যন্ত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইতে হয়। ইহাতে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় এবং এই উৎপন্ন ক্লোরিণ কাপড়কে রং-মুক্ত করে। বিরঞ্জিত কাপড়

হইতে অ্যাসিড দূরীভূত করিবার জন্য কাপড়কে প্রথমে জলে, পরে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ দ্বারা এবং ক্লোরিণ মুক্ত করিবার জন্য সর্বশেষে সোডিয়াম সলফাইট বা থায়োসলফেটের দ্রবণ দ্বারা ধৌত করা হয়। পরে বিরঞ্জিত এবং ক্লোরিণ-মুক্ত কাপড় জলে ধৌত করিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়।

ব্লিচিং পাউডারের সংকেতঃ ব্লিচিং পাউডার বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। সর্বদাই উহার সহিত কিছু কলিচুন এবং জল মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য ইহার সংকেত সুনির্দিষ্টভাবে নির্ণয় করা শক্ত। ভিন্ন ভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক ইহার জন্য ভিন্ন ভিন্ন সংকেত প্রস্তাব করিয়াছেন, তন্মধ্যে ওড্‌লিং (Odling)এর সংকেত গ্রহণযোগ্য হওয়ায় তাহাই প্রচলিত আছে।

ওড্‌লিংএর মতে ইহার সংকেত হইল Ca(OCl)Cl এবং ইহার রাসায়নিক নাম হইল ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট। এই সংকেত ইহার ক্লোরিণ হইতে উৎপাদন ভালভাবে প্রকাশ করে। যথা,

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$$

$$Ca\begin{cases} OH \\ OH \end{cases} + \begin{matrix} HCl \\ HOCl \end{matrix} = Ca\begin{cases} Cl \\ OCl \end{cases} + 2H_2O.$$

এই সংকেতে ব্লিচিং পাউডারে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের অস্তিত্ব দেখায় না। কঠিন ব্লিচিং পাউডারে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নাই, কারণ ব্লিচিং পাউডার উদ্‌গ্রাহী নয় এবং অ্যালকোহলে ব্লিচিং পাউডার হইতে কোন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রাবিত হইয়া আসে না। ব্লিচিং পাউডার জলে যোগ করিলে উহা ভাঙ্গিয়া গিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

ব্লিচিং পাউডারের এই সংকেত উহা হইতে প্রাপ্য ক্লোরিণের পরিমাণের সহিত সঙ্গতি রক্ষা করে।

উপরন্তু ব্লিচিং পাউডারের সকল প্রকার বিক্রিয়া ইহার এই সংকেত দ্বারা ভাল-ভাবে ব্যাখ্যা করা যায়।

যদিও ব্লিচিং পাউডারের কার্যকরী পদার্থের সংকেত Ca(OCl)Cl, কিন্তু সাধারণ ভাবে প্রস্তুত ব্লিচিং পাউডারের সংকেত ঠিকমত হইল $3Ca(OCl)Cl, Ca(OH)_2, 5H_2O$, কারণ ভালভাবে প্রস্তুত ব্লিচিং পাউডারেও কিছু কলিচুন এবং সংযুক্ত জল থাকে। ব্লিচিং পাউডারের বিক্রিয়ার সময় কেবল Ca(OCl)Cl অংশটুকু কাজে আসে।

Questions

1. Where and in which state sodium chloride is available in nature? What are the impurities present in commercial sodium chloride? How can pure sodium chloride be prepared? State what you know about the uses of sodium chloride.

১। প্রকৃতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কিভাবে এবং কোথায় পাওয়া যায়? বাজারে যে লবণ পাওয়া যায় তাহাতে কি কি অশুদ্ধি থাকে? বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? সোডিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2. How can hydrogen chloride be prepared in the laboratory? What is the procedure followed in order to prepare an aqueous solution of hydrochloric acid? Describe properties of hydrogen chloride in the form of experiments.

২। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি উপায় অবলম্বন করা হয়? হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্মগুলি পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর।

3. How is hydrochloric acid manufactured? State what you know about the uses hydrochloric acid. Describe with equations, the reactions of hydrochloric acid with the following substances;—zinc sulphide, mercuric oxide, manganese dioxide, ferric oxide, magnesium, caustic soda and calcium carbonate.

৩। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে সাধিত হয়? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর:—জিঙ্ক সলফাইড, মারকিউরিক অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড, ফেরিক অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম, কষ্টিক সোডা এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

4. Describe fully how the volumetric composition of hydrogen chloride can be determined.

৪। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি কিভাবে নির্ধারিত করা যায় তাহা পূর্ণভাবে বর্ণনা কর।

5. Describe by experiments, the methods of preparation of chlorides. State which of the chlorides are insoluble in cold water. Which of them is soluble in hot water? How can you prove the presence of chloride ion in solution?

৫। পরীক্ষামূলকভাবে ক্লোরাইড প্রস্তুত করিবার প্রণালী বর্ণনা কর। কোন্ কোন্

ক্লোরাইড ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য তাহা উল্লেখ কর। তাহাদের মধ্যে কোন্‌টি গরম জলে দ্রাব্য ? দ্রবণে ক্লোরাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা হয় ?

6. Describe, with equations, the action of six oxidising agents on hydrochloric acid.

৬। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপর ছয়টি জারকের ক্রিয়া সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

7. Describe how hydrochloric acid can be oxidised to yield chlorine in the laboratory. Express the reaction by equation. Describe the chemical reactions that occur when chlorine gas is passed through the aqueous solutions of the following substances and express them by equations :—(*a*) hydrogen sulphide, (*b*) sulphur dioxide ; (*c*) caustic soda and (*d*) milk of lime.

৭। পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া কিভাবে ক্লোরিণ প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। বিক্রিয়াটি সমীকরণ দ্বারা দেখাও। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করাইলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর :—(ক) হাইড্রোজেন সলফাইড ; (খ) সলফার ডাই-অক্সাইড ; (গ) কষ্টিক সোডা এবং (ঘ) চুনগোলা।

8. Explain, with equations, the reactions that occur during the manufacture of chlorine by Weldon's and by Deacon's process.

৮। অয়েলডন ও ডিকন-পদ্ধতিতে ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদনের সময় যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

9. Describe the present-day electrolytic method for the manufacture of chlorine. Describe the reactions of chlorine with ammonia solution and with water. Give equations.

৯। ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদনের বর্তমান তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতি বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়ার দ্রবণের সহিত এবং জলের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দ্বারা দেখাইয়া দাও।

10. Describe the method of manufacture of bleaching powder. State its uses. How is a piece of fabric bleached with bleaching powder ?

১০। ব্লিচিং পাউডারের পণ্য-উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর। বস্ত্রের বিরঞ্জন ব্লিচিং পাউডার দ্বারা কিভাবে সাধিত হয় ?

11. How can (*a*) chlorine, (*b*) oxygen be obtained from bleaching powder ? What is meant by "available chlorine" of bleaching powder ? Mention the chemical name of bleaching powder and show its mode of formation from chlorine.

১১। ব্লিচিং পাউডার হইতে কিভাবে (ক) ক্লোরিণ, (খ) অক্সিজেন পাওয়া যায় ? ব্লিচিং পাউডারের "প্রাপ্য ক্লোরিণ" বলিতে কি বুঝায় ? ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম উল্লেখ কর এবং ক্লোরিণ হইতে উহার গঠন সমীকরণ দ্বারা দেখাইয়া দাও।

12. Give a comparative study of hydrochloric acid and of a mixture of hydrogen and chlorine in equal volumes.

১২। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের সমায়তনিক মিশ্রণের একটি তুলনামূলক আলোচনা দাও।

13. Describe in brief how chlorine is prepared from concentrated hydrochloric acid.

State the important physical and chemical properties of chlorine.

(Higher Secondary, West Bengal, Science Group, 1960)

১৩। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতের পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

ক্লোরিণের প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি বর্ণনা কর।

(উচ্চ মাধ্যমিক পর্ষৎ, বিজ্ঞান শাখা, ১৯৬০।)

ষড়বিংশ অধ্যায়

হ্যালোজেন গোষ্ঠী (Halogens)

ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিন

ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিন—এই চারিটি মৌলকে **হ্যালোজেন**-পরিবারের অন্তর্ভুক্ত বলা হয়। "হ্যালোজেন" কথার অর্থ হইল 'সামুদ্রিক-লবণ উৎপাদক' (sea-salt producer, Hals = sea-salt ; genas = I produce)। সামুদ্রিক লবণের ভিতর প্রধান হইল সাধারণ লবণ (NaCl)। ইহা ক্লোরিণের যৌগ। অতএব ক্লোরিণ একটি হ্যালোজেন। ফ্লুয়োরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিন এই তিনটি মৌলের ধর্ম এবং প্রকৃতি ক্লোরিণের অনুরূপ। ইহারা

সোডিয়ামের সহিত যে সকল যৌগ উৎপন্ন করে তাহা সোডিয়াম ক্লোরাইড-এর মত ধর্ম-বিশিষ্ট। আবার ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড লবণগুলিও সমুদ্রে পাওয়া যায়। সুতরাং এই চারিটি মৌলকে একই পরিবারভুক্ত বলিয়া মনে করা যায় এবং ইহারা হ্যালোজেন নামে অভিহিত হয়। ক্লোরিণের সম্বন্ধে আলোচনা পূর্বেই করা হইয়াছে। অন্য তিনটি মৌলের বিষয় এইবার আলোচিত হইবে।

এই মৌলগুলির এবং ইহাদের যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ইহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত ইহাদের রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। এই মৌলগুলির প্রত্যেকের সম্বন্ধে কিছু আলোচনার শেষে উহাদের তুলনামূলক আলোচনা দেওয়া হইল।

(ক) ফ্লুয়োরিণ (Fluorine)

আণবিক সংকেত—F_2, পারমাণবিক ওজন—19, বাষ্পীয় ঘনত্ব—19, যোজ্যতা—1।

অবস্থান: ফ্লুয়োরিণ অত্যধিক ক্রিয়াশীল মৌল এবং প্রায় সকল পদার্থের সহিত ইহার বিক্রিয়া সহজেই সংঘটিত হয়। সেই কারণে ইহাকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে আদপেই পাওয়া যায় না। ইহার বিভিন্ন যৌগ প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায়, তন্মধ্যে তিনটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(1) ফ্লুওরস্পার (Fluorspar), CaF_2

(2) ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট (Fluor-Apatite), $CaF_2, 3Ca_3(PO_4)_2$

(3) ক্রায়োলাইট (Cryolite), $AlF_3, 3NaF$.

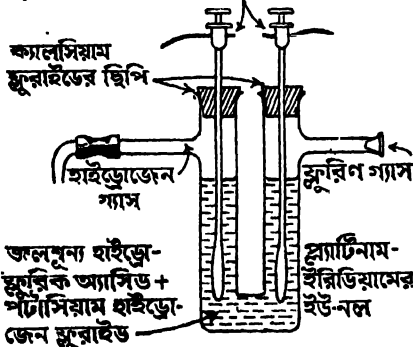
সামান্য পরিমাণ ফ্লুয়োরিণের যৌগ জীবজন্তুর হাড়ে এবং দাঁতে, শামুকের খোলায় এবং খনিজ জলে থাকে।

ফ্লুয়োরিণ-প্রস্তুতি: ফ্লুয়োরিণ অনেকদিন ধরিয়া অনাবিষ্কৃত ছিল এবং যৌগ হইতে ইহার নিষ্কাশন দুঃসাধ্য বলিয়া বিবেচিত হইত। যদিও 1771 খ্রীষ্টাব্দে সিলে (Scheele) প্রথমে ফ্লুয়োরস্পার এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ফুটাইয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপাদন করেন এবং যদিও 1813 খ্রীষ্টাব্দে ডেভি (Davy) প্রমাণ করেন যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডও হাইড্রোজেন ও একটি অজ্ঞাত মৌল ফ্লুয়োরিণের যৌগ, কিন্তু 1886 খ্রীষ্টাব্দের পূর্বে কেহই ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন নাই। ডেভি হাইড্রো-

ফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে চেষ্টা করেন, কিন্তু তাহাতে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়। কোন ফ্লুয়োরিণ পাওয়া যায় না।

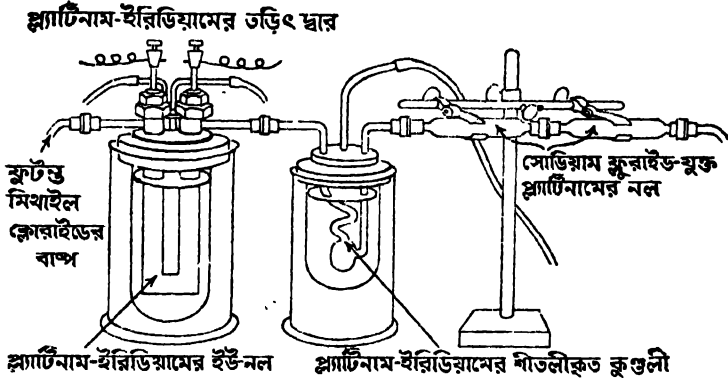
এতদিন ধরিয়া ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে না পারার কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে (1) ফ্লুয়োরিণের অত্যন্ত ক্রিয়াশীলতা, (2) কাচ, প্লাটিনাম অথবা গ্র্যাফাইটের (কার্বন) পাত্রকেও ইহার নষ্ট করিয়া দিবার ক্ষমতা, (3) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের তড়িৎপরিবহনে অক্ষমতা এবং (4) হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড গ্যাসের অতিশয় বিষাক্ত প্রতিক্রিয়া।

ময়সাঁ (Moissan) এই সমস্ত বাধা নিম্নলিখিত উপায়ে অপসারিত করিয়া ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। গোর (Gore) 1882 খ্রীষ্টাব্দে দেখান যে অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড (KHF_2, ফ্রেমির লবণ) দ্রবীভূত করিলে দ্রবণটি তড়িৎ-পরিবাহী হয়। ময়সাঁ গোরের এই আবিষ্কারের সুযোগ গ্রহণ করেন। প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতু দিয়া পাত্র নির্মাণ করিয়া এবং উক্ত সঙ্কর ধাতুর নির্মিত তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া তিনি পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সর্বপ্রথম ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করেন।

ময়সাঁর পদ্ধতি ঃ ময়সাঁ প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতুর তৈয়ারী একটি U-নল লইয়া তাহার দুইটি মুখ ফ্লুয়োরস্পার নির্মিত ছিপি দিয়া বন্ধ করেন। এই ছিপি দুইটির ভিতর দিয়া সেই একই সঙ্কর ধাতুর দুইটি তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করাইয়া দেন। তড়িৎ-দ্বার দুইটির নীচের দিক অনেকটা সংযুক্ত ছবিতে দেখান মত চ্যাপ্টা করা ছিল। U-নলটির দুইদিকে দুইটি সরু নির্গম নল লাগানো ছিল, ঐ নির্গম নল দ্বারা উৎপন্ন গ্যাস বাহির হয়। তড়িৎ-দ্বার সংযুক্ত করার পর ফ্লুয়োরস্পারের ছিপির মুখ গালা দিয়া ভালভাবে বন্ধ

চিত্র নং 48

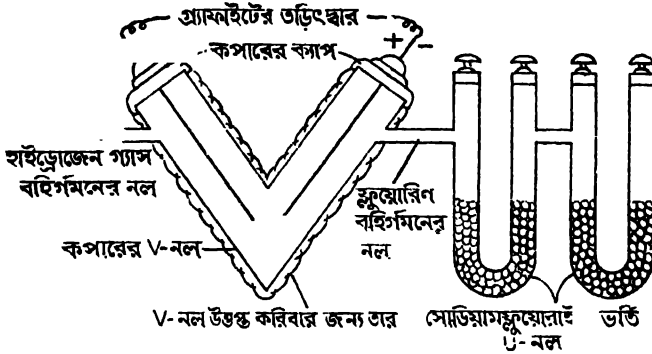
করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে কোনরূপ ছিদ্র না থাকে। U-নলের দুই তৃতীয়াংশ

অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের দ্রবণ ভর্তি করা হয়।

পরে একটি বড় পাত্রে দ্রবণসহ U-নলটি তরল এবং ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইডে

চিত্র নং 49

(স্ফুটনাঙ্ক—23° সেন্টিগ্রেড) ডুবাইয়া রাখা হয় এবং তড়িৎ-দ্বার দুইটি একটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। তখনই তড়িৎ-বিশ্লেষণ আরম্ভ হয় এবং অ্যানোডে (ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে) ফ্লুয়োরিণ গ্যাস উৎপন্ন হইয়া সেই পার্শ্বের নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে এবং ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া তৎপার্শ্বের নির্গমনল দিয়া বাহির হয়। উৎপন্ন এবং বহিরাগত ফ্লুয়োরিণের সহিত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বাষ্প মিশিয়া থাকে। সেই কারণে গ্যাসটিকে ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইডের ভিতর বসান একটি প্লাটিনামের তৈয়ারী শীতক-নল দিয়া অতিক্রম করান হয়। ইহাতে অধিকাংশ হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড বাষ্প তরলাকারে রূপান্তরিত হইয়া ঐ শীতক-নলে থাকিয়া যায়। পরে গ্যাসটিকে শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইডপূর্ণ দুইটি প্লাটিনামের নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া সম্পূর্ণভাবে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড হইতে মুক্ত করা হয়। তখন বিশুদ্ধ ফ্লুয়োরিণ পাওয়া যায় এবং ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা প্লাটিনামের পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

পরে ময়সাঁ দেখান যে দামী প্লাটিনামের পরিবর্তে কপারের তৈয়ারী U-নল ব্যবহার করা যাইতে পারে। ইহাতে প্রথমে কপার ও উৎপন্ন ফ্লুয়োরিণ গ্যাসের

বিক্রিয়ার ফলে কপার ফ্লুয়োরাইড উৎপন্ন হয় বটে, কিন্তু নলের ভিতর ইহার আস্তরণ পড়িয়া যায় এবং পরে আর কোন বিক্রিয়া হয় না।

চিত্র নং 50

বর্তমানে ময়সাঁর পদ্ধতির আমূল পরিবর্তন সাধিত হইয়াছে। V-আকৃতির কপারের নির্মিত নলে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড লওয়া হয়। নলের মুখ দুইটিতে কপারের ঢাকনি লাগানো থাকে। ইহাদের মধ্য দিয়া দুইটি গ্রাফাইট নির্মিত তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করান হয়। জোড়ের মুখ সিমেন্ট দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। V-নলটির চারিদিকে তড়িৎ-পরিবাহক-তার দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয় এবং তাহাতে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিয়া V-নলটিকে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড গলিয়া যায় (গলনাঙ্ক 217° সেন্টিগ্রেড)। গ্র্যাফাইটের তড়িৎ-দ্বার দুইটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ গলিত KHF_2-এর ভিতর দিয়া চালনা করিলে উহা তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হয় এবং অ্যানোডে (ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে) ফ্লুয়োরিণ উৎপন্ন হয়। এই ফ্লুয়োরিণ গ্যাস অ্যানোডের পার্শ্ববর্তী নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে এবং কয়েকটি শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইড পূর্ণ কপারের U-নল অতিক্রম করে। এইভাবে উৎপন্ন ফ্লুয়োরিণকে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। পরে প্রয়োজনমত বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা প্লাটিনামের পাত্রে উহা সংগ্রহ করা হয়।

∴ $KHF_2 = KF + HF$ (উত্তাপের ফলে), $KF = K^+ + F^-$

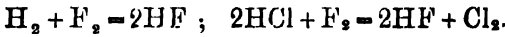
ক্যাথোডে পটাসিয়াম উৎপন্ন হয়, $K^+ + e = K$ এবং ইহার হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটে। $K + HF = KF + H$; $H + H = H_2$.

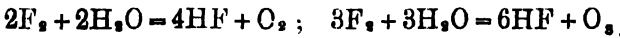
অ্যানোডে ফ্লুয়োরিণ গ্যাস মুক্ত হয়। $F^- + F^- = 2e + F_2$.

ফ্লুয়োরিণের ধর্ম ঃ ফ্লুয়োরিণ ঈষৎ সবুজ আভাযুক্ত হলুদবর্ণের গ্যাস। ইহার গন্ধ অতিশয় তীব্র এবং শ্বাসরোধকারী। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। চাপ ও শীতলতায় ইহা প্রথমে -187° সেন্টিগ্রেডে তরল এবং পরে -223° সেন্টিগ্রেডে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

ফ্লুয়োরিণ সর্বাপেক্ষা রাসায়নিকভাবে ক্রিয়াশীল পদার্থ। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, হিলিয়াম এবং আরগন ব্যতীত সমস্ত মৌলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে (directly) সংযুক্ত হয়। পরোক্ষভাবে ইহা নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের সহিতও যুক্ত হয়।

হাইড্রোজেনের প্রতি ইহার আসক্তি খুব বেশী ; এমনকি অন্ধকারে এবং -253° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাতেও ইহা হাইড্রোজেনের সহিত বিস্ফোরণ সহকারে যুক্ত হয়। ফ্লুয়োরিণের এই আসক্তির অত্যধিক প্রবণতার জন্য ইহা হাইড্রোজেনের যৌগ হইতে হাইড্রোজেনকে বিচ্ছিন্ন করিয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$H_2 + F_2 = 2HF \;;\quad 2HCl + F_2 = 2HF + Cl_2.$$

জলের সহিত সংস্পর্শে আসা মাত্র সাধারণ উষ্ণতায় ইহা দুইভাবে ক্রিয়া-করে এবং ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \;;\quad 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3.$$

এই কারণে জলে ফ্লুয়োরিণের দ্রাব্যতা পরিমাপ করা যায় না। একই কারণে জলীয় বাষ্প-যুক্ত বায়ুর সংস্পর্শে আসিলে ইহা হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের ধোঁয়া উৎপন্ন করে। শুষ্ক বায়ুর সহিত ইহার কোন ক্রিয়া নাই।

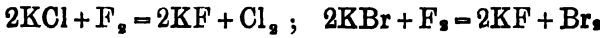
ইহা সকল ধাতুর সহিতই ক্রিয়া করে এবং ধাতব ফ্লুয়োরাইড (fluoride) উৎপাদন করে। সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু—সাধারণ উষ্ণতায় ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে দিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লুয়োরাইড গঠিত হয়। সিলভার, অ্যালুমিনিয়াম, নিকেল, আয়রণ, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু সামান্য উত্তপ্ত করিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে ছাড়িয়া দিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়। গোল্ড, প্লাটিনাম এবং কপার একটু বেশী উত্তপ্ত করিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে যোগ করিলে ফ্লুয়োরাইড গঠিত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় কপারের উপর কিউপ্রিক ফ্লুয়োরাইডের আস্তরণ পড়ে।

ব্রোমিন, আয়োডিন, ফস্‌ফোরাস, সলফার, সিলিকন, কার্বন প্রভৃতি অধাতুও ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে যোগ করিলে স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে এবং তাহাদের নিজ নিজ

ফ্লুয়োরাইডে পরিণত হয়। আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনিও ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে জ্বলিয়া উঠিয়া ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়।

ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিনকে মুক্ত করে।

$$2KCl + F_2 = 2KF + Cl_2 \; ; \quad 2KBr + F_2 = 2KF + Br_2$$

$$2KI + F_2 = 2KF + I_2$$

সমস্ত জৈব পদার্থই ফ্লুয়োরিণ দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড, কার্বন টেট্রাফ্লুয়োরাইড প্রভৃতি যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয়। তার্পিন তৈল যেমন ক্লোরিণে দিলে জ্বলিয়া উঠে, সেইরূপ ফ্লুয়োরিণেও জ্বলিয়া উঠে।

পাতলা (2%) কষ্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফ্লুয়োরিণ মনোক্সাইড (F_2O) উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + 2F_2 = 2NaF + H_2O + F_2O.$$

কিন্তু গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণ ব্যবহার করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়,

$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + 2H_2O + O_2.$$

ইহা খুব শক্তিশালী জারক। ইহা সোডিয়াম কার্বনেটকে (Na_2CO_3) সোডিয়াম পার-কার্বনেটে ($Na_2C_2O_6$) রূপান্তরিত করে এবং পটাসিয়াম ক্লোরেটকে ($KClO_3$) পটাসিয়াম পার-ক্লোরেটে ($KClO_4$) পরিবর্তিত করে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড

(Hydrofluoric Acid)

সংকেত—HF, আণবিক সংকেত—H_2F_2 অথবা H_3F_3.

ইহার লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ফ্লুয়োরস্পার এবং ক্রায়োলাইট এই সম্পর্কে উল্লেখযোগ্য।

প্রস্তুতি : হাইড্রোজেন এবং ফ্লুয়োরিণের সাক্ষাৎ-সংযোগেই হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। $H_2 + F_2 = 2HF$.

সাধারণ উত্তাপে এবং অন্ধকারে বিস্ফোরণসহকারে এই বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে লেডনির্মিত বকযন্ত্রে ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইডের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া বালি-গাহের উপর রাখিয়া সামান্য উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া পাতিত করা হয় এবং

এইভাবে উদ্ভূত হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড গ্যাসকে লেড-নির্মিত বোতলে জলের ভিতর চালনা করা হয়। $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$. সাধারণ গাঢ় খনিজ অ্যাসিড দ্বারা কাচ আক্রান্ত হয় না। কিন্তু হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ সহজেই কাচের পাত্র ক্ষয় করে। সেই কারণে লেডের তৈয়ারী বকযন্ত্রে ইহা তৈয়ারী হয় এবং লেড-নির্মিত বোতলে জলের ভিতর ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। বাজারে পাঠাইবার সময় ইহার জলীয় দ্রবণ গ্যাটাপার্চার বোতলে বা ভিতরে মোমের প্রলেপ দেওয়া কাচের বোতলে রাখিয়া পাঠানো হয়।

বিশুদ্ধ অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার প্রণালী অন্যরূপ। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড (KF, HF) বা ফ্রেমির লবণ হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে ফ্রেমির লবণ হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে তৈয়ারী করা হয়। একটি প্লাটিনামের পাত্রে হাইড্রো-ফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ লইয়া তাহাকে দুইটি প্লাটিনামের পাত্রে সমান দুইভাগে ভাগ করিয়া লওয়া হয়। তাহার একভাগকে পটাসিয়াম কার্বনেট যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয়। এই প্রশমিত দ্রবণে দ্বিতীয় অর্ধেক হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হয়। পরে এই মিশ্রিত দ্রবণকে একটি প্লাটিনামের ডিসে রাখিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘন করা হয় এবং ঠাণ্ডা করিয়া কেলাসিত করা হয়। ফ্রেমির লবণ কেলাসিত হয়। এই ফ্রেমির লবণ সংগ্রহ করিয়া উত্তাপ দ্বারা ইহাকে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড একটি প্লাটিনাম নির্মিত বকযন্ত্রে লওয়া হয়। এই বকযন্ত্রের সহিত একটি প্লাটিনাম নির্মিত শীতক (Platinum condenser) এবং প্লাটিনাম নির্মিত গ্রাহক (Platinum receiver) সংযুক্ত করা হয়। শীতকের ভিতর দিয়া বরফ-যুক্ত জল চালনা করা হয় এবং গ্রাহকটিকে বরফ এবং লবণের মিশ্রণের ভিতর রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে প্লাটিনামের বকযন্ত্র উত্তপ্ত করা হয়। উদ্ভূত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড গ্যাস শীতকে তরল অবস্থায় আসে এবং পরে প্লাটিনাম নির্মিত গ্রাহকে তরল অবস্থায় সঞ্চিত হয়। অতি সামান্য মাত্র জল ইহার সহিত আসিলে ইহাকে সম্পূর্ণরূপে নিরুদক করিতে হইলে এই তরল অ্যাসিডের ভিতর দুইটি প্লাটিনামের তার ডুবাইয়া তার দুইটিকে ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করা হয়। যতক্ষণ জল থাকে ততক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চলিতে থাকে এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস ও অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। সমস্ত জল অপসারিত

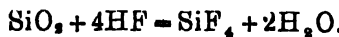
হইয়া অ্যাসিডটি একেবারে নিরুদক হইলে অ্যাসিডের ভিতর দিয়া আর তড়িৎ প্রবাহিত হইবে না। $KHF_2 = KF + HF$.

হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের ধর্ম : অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড সাধারণ উত্তাপে একটি বর্ণহীন গ্যাস। এই গ্যাসকে 19·5° সেন্টিগ্রেডের নিম্নে তরল অবস্থায় আনা যায়। এই তরলের স্ফুটনাঙ্ক 19·5° সেন্টিগ্রেড এবং তরলটি খুবই উদ্বায়ী। এই তরল অ্যাসিড আর্দ্র-বায়ু সংস্পর্শে ধূমায়মান হয়। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড একটি মৃদু অম্ল। 88° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিয়া দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের আণবিক সংকেত HF, কিন্তু স্ফুটনাঙ্কের কিছু উপরে বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিলে দেখা যায় যে আণবিক সংকেত হয় H_3F_3.

হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড অতিশয় বিষাক্ত এবং ইহা লইয়া কোন কাজ করা খুবই বিপজ্জনক। এক ফোঁটা অ্যাসিড যদি কোনক্রমে চর্মের সংস্পর্শে আসে তাহা হইলে গভীর ক্ষতের সৃষ্টি করে। এই অ্যাসিডের সামান্য মাত্র প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে কথা বলিবার ক্ষমতা একেবারে লোপ পায়।

অ্যাসিড হিসাবে ইহা অনেক ধাতুর সহিতই বিক্রিয়া করে। তরল অনার্দ্র অ্যাসিডে সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম ধাতু দ্রাবিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং উহারা ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়। সিলভার এবং কপার অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে দ্রাবিত হয়।

অন্যান্য অ্যাসিডের যে ক্ষমতা দেখা যায় না, ইহার সেই ক্ষমতা হইল যে ইহা কাচ এবং পোর্সিলেনকে দ্রবীভূত করে। ইহার কারণ এই যে এই অ্যাসিড উক্ত পদার্থদ্বয়ে যে সিলিকা (SiO_2) আছে তাহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সিলিকন টেট্রাফ্লুয়োরাইড (SiF_4) (গ্যাসীয় পদার্থ) এবং জল উৎপন্ন করে।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O.$$

এই কারণেই অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কাচের বোতলে রাখা যায় না। এই অ্যাসিড গোল্ড বা প্লাটিনামের সহিত বিক্রিয়া করে না।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের ব্যবহার : (১) কাচের উপর লেখা খোদাই কার্যে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (২) ঢালাই লোহের প্রস্তুত দ্রব্যাদি হইতে সিলিকা বা বালি অপসারণে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। (৩) আঁখের

ভিতর যে সিলিকা থাকে তাহাও অপসারণের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (৪) পেট্রোলিয়ামের খনিতে গর্ত করিবার সময় বালির শেষ স্তর অপসারণের জন্য এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের লবণ অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদনে পাত্রের বীজাণুনাশক হিসাবে, এবং সোডিয়াম ও জিঙ্ক ফ্লুয়োরাইড কাষ্ঠ সংরক্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

কাচ-খোদাই (Etching of Glass): সিলিকার সহিত হাইড্রো-ফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার কথা আগেই উল্লিখিত হইয়াছে। কাচ কতকগুলি সিলিকেটের মিশ্রণ। তাই কাচের উপর হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড যোগ করিলে কাচের সিলিকার সহিত HF বিক্রিয়া করিয়া গ্যাসীয় সিলিকন টেট্রাফ্লুয়োরাইড উৎপন্ন করে। তাহাতেই কাচের গায়ে খোদাই হয়। নিম্নলিখিত প্রকারে কাচের উপর খোদাই কার্য করা হইয়া থাকে।

কাচের নির্মিত দ্রব্যের একদিকে প্যারাফিন গলাইয়া ঢালিয়া দিয়া পরে ঠাণ্ডা করিয়া প্রলেপ দেওয়া হয়। এই প্রলেপের উপর সরু সূচ দ্বারা নাম বা চিত্রের নমুনার নকশা আঁকা হয়। এই লিখিত নাম বা নকশার উপর হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ঢালিয়া দিয়া অ্যাসিডকে কিছুক্ষণ বিক্রিয়া করিতে দেওয়া হয়। পরে জল দিয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড ধুইয়া ফেলা হয় এবং তার্পিণ তৈলের সাহায্যে প্যারাফিন দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করা হয়। তখন দেখা যায় যে কাচের গায়ে নাম বা নকশা খোদিত হইয়াছে। এইভাবে থার্মোমিটার, বিউরেট, পিপেট প্রভৃতি যন্ত্রকে অংশাঙ্কিত করা হয়। অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার দ্বারা সুস্পষ্ট খোদাই হইয়া থাকে।

হাইড্রো-ফ্লুয়োরিক অ্যাসিড দ্বারা লেখা

চিত্র নং 51

(খ) ব্রোমিন (Bromine)

সংকেত—Br, পারমাণবিক ওজন 79·92, বাষ্পীয় ঘনত্ব 79·92, আণবিক সংকেত—Br_2, স্ফুটনাঙ্ক 59° সেন্টিগ্রেড।

দ্রষ্টব্য ঃ প্রায় 92টি মৌলিক পদার্থের ভিতর দুইটিমাত্র স্বাভাবিক অবস্থায় তরল ; তাহার মধ্যে একটি ধাতব পদার্থ মার্কারী (Hg, পারদ) এবং অপরটি অধাতব পদার্থ ব্রোমিন।

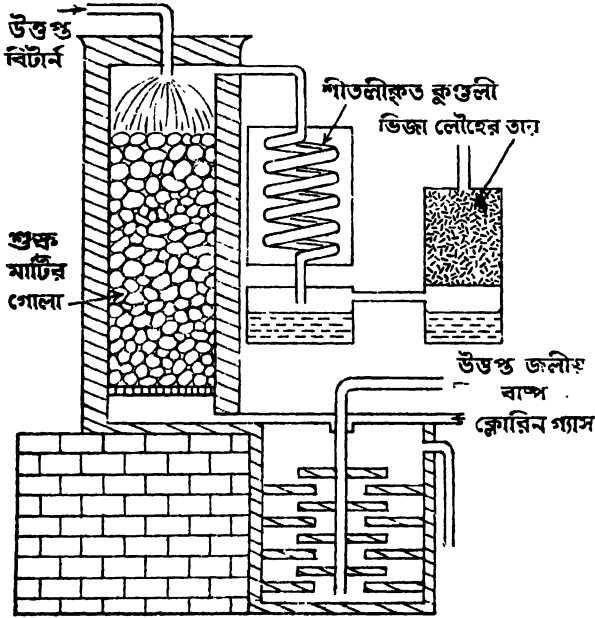
অবস্থান ঃ ক্লোরিণের মত ব্রোমিনও মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে দেখা যায় না। যুক্তাবস্থায় ব্রোমাইডরূপে ইহা সমুদ্র জলে এবং খনিজ জলে এবং খনিজ পদার্থে দেখিতে পাওয়া যায়। সমুদ্র জল হইতে খাদ্য-লবণ কেলাসিত করিয়া পৃথক্ করিলে যে অবশেষ দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। জার্মানীর ষ্টাসফার্ট নামক স্থানে খনিতে কারনালাইট (Carnallite KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) পাওয়া যায়। তাহাতে অতি সামান্য পরিমাণ (0 2%) ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। ইহা ছাড়া সোডিয়াম, পটাসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম ব্রোমাইডও প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) ব্রোমারজাইরাইট (Bromargyrite) নামক দুষ্প্রাপ্য খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি ঃ—(ক) পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ পরীক্ষাগারে যেভাবে ক্লোরিণ তৈয়ারী করা যায় সেইভাবেই পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া কাচের বকযন্ত্রে লইয়া উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলেই ব্রোমিন পাওয়া যায়। জলের ভিতর ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা গ্রাহকে উৎপন্ন ব্রোমিনের বাষ্প তরলে পরিণত হইয়া সংগৃহীত হয়। ("রসাযনের গোড়ার কথা, প্রথম ভাগ", চতুর্থ সংস্করণ, 35 পৃ: চিত্র নং 5 দেখ)

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2.$$

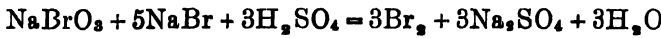
(খ) ব্রোমিনের পণ্য-উৎপাদন ঃ—(i) কার্‌নালাইট হইতে ঃ জার্মানীর ষ্টাস্‌ফার্টে যে লবণের খনি আছে তাহাতে কার্‌নালাইট (KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) প্রচুর পাওয়া যায়। এই কার্‌নালাইটে KBr, $MgBr_2$, $6H_2O$ (ব্রোমোকারনালাইট) অশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত হইয়া থাকে। কারনালাইটকে জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং সেই দ্রবণ উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা হইতে কম দ্রাব্য পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। পটাসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসগুলি সরাইয়া লইলে যে শেষ-দ্রব (mother-liquor) পড়িয়া থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবীভূত অবস্থায় বর্তমান থাকে। তবে ব্রোমাইডের পরিমাণ মাত্র প্রায় শতকরা 0·25 ভাগ থাকে। এই শেষ-দ্রবকে বিটার্ণ (bittern) বলে। 60° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত শেষ-দ্রবকে শুষ্ক মাটির ছোট ছোট গোলা (earthenware balls)-ভর্তি একটি স্তম্ভের মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা

হয়। স্তম্ভের নীচে একটি বড় চৌবাচ্চা থাকে। চৌবাচ্চার ভিতর কয়েকটি আঁকা-বাঁকা থাক্ (zig-zag shelves) সাজানো থাকে এবং তরল দ্রবণটি তাহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। স্তম্ভের ভিতর নীচে হইতে উপর দিকে ষ্টীম এবং ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। ক্লোরিণের সহিত সংস্পর্শে আসামাত্র ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত হয় এবং ষ্টীমের সহিত বাষ্পাকারে উহা স্তম্ভের উপর দিকে অবস্থিত নির্গম-নল দিয়া বাহির হয় এবং নির্গত ব্রোমিনের বাষ্পকে মাটির সর্পিল (Spiral) শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই শীতক-নলের

চিত্র নং 52

ভিতরই অধিকাংশ ব্রোমিন তরলে পরিণত হয়। যদি এখান হইতে সামান্য ব্রোমিন বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে, তাহাকে একটি আর্দ্র লৌহচূর্ণ-পূর্ণ (moist iron-filings) স্তম্ভের ভিতর চালনা করা হয়। সেইখানে উহা ফেরোসো-ফেরিক ব্রোমাইডে (Fe_3Br_8) পরিণত হয়: এই Fe_3Br_8 হইতে পরে পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপাদন করিয়া বাজারে ছাড়া হয়। $MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$; $2KBr + Cl_2 = 2KCl = Br_2$; $3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8$.

(ii) সমুদ্র-জল হইতেঃ বর্তমানে আমেরিকায় সমুদ্রজল হইতে ব্রোমিনের পণ্য-উৎপাদন একটি বিশেষ শিল্প হিসাবে প্রচলিত হইয়াছে। আটলান্টিক মহাসমুদ্রের জলে মাত্র শতকরা 0·009 ভাগ ব্রোমিন আছে। প্রথমে সমুদ্রজল পাম্পের সাহায্যে একটি চৌবাচ্চায় আনিয়া থিতাইতে দেওয়া হয়। পরে থিতান সমুদ্রজল অন্য একটি চৌবাচ্চায় লইয়া উহাতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড (প্রতি টন জলে 0·25 পাউণ্ড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড) যোগ করা হয়। তাহার পর অ্যাসিডযুক্ত সমুদ্রজলের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করান হয়। ইহাতে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত হইয়া জলে দ্রবীভূত হয়। মুক্ত ব্রোমিনকে দ্রবণ হইতে উষ্ণ বায়ু-প্রবাহ দ্বারা বিতাড়িত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে শোষণ করা হয়। তাহার পর এই দ্রবণে অতিরিক্ত সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ষ্টীমসংযোগে পাতিত করিলে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

$$3Na_2CO_3 + 3Br_2 = NaBrO_3 + 5NaBr + 3CO_2$$

$$NaBrO_3 + 5NaBr + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

বিশুদ্ধীকরণঃ পণ্য-উৎপাদনে প্রাপ্ত ব্রোমিনে জল, আয়োডিন এবং ক্লোরিণ অশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত দেখিতে পাওয়া যায়। এই বাজারের ব্রোমিনের সহিত প্রথমে পটাসিয়াম ব্রোমাইড মিশাইয়া পাতিত করিলে ক্লোরিণ দূরীভূত হয়। পরে জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে আয়োডিন দূরীভূত হয়। সকলের শেষ ক্লোরিণ ও আয়োডিন হইতে মুক্ত ব্রোমিনের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া পাতিত করিলে জল দূরীভূত হইয়া বিশুদ্ধ এবং ঘনীভূত ব্রোমিন পাওয়া যায়।

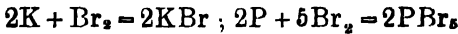
ব্রোমিনের ধর্মঃ সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন একটি ঘোর লাল বর্ণের (প্রায় কৃষ্ণবর্ণ) তরল পদার্থ। ইহার গন্ধ অতিশয় তীব্র এবং জ্বালা-উৎপাদক। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে ইহা ক্লোরিণ অপেক্ষা অধিক বিষাক্ত এবং ক্লোরিণের তুলনায় শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীকে ইহা বেশী মারাত্মকভাবে আক্রমণ করে। এক ফোঁটা ব্রোমিন গায়ের চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে গুরুতর যন্ত্রণাদায়ক ক্ষতের সৃষ্টি হয়। সেই ক্ষত আরোগ্য হওয়া খুবই কঠিন। ব্রোমিনের ঘনাঙ্ক 3·188 (0° সেন্টিগ্রেড)। সেইজন্য তরল ব্রোমিনের ভিতর একটি কাচের ছিপি ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিতে থাকে। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু ইহা অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং সেই কারণে সর্বদাই ইহা হইতে লাল বাষ্প উঠিতে দেখা যায়। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয় (20° সেন্টিগ্রেড

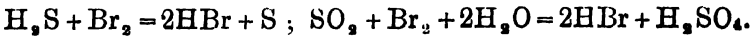
উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে মাত্র 3·5 গ্রাম ব্রোমিন দ্রবীভূত হয়) ; এই দ্রবণকে ব্রোমিন-জল (Bromine-water) বলে। ইহা অ্যালকোহলে, ঈথারে, ক্লোরোফর্মে, কার্বন ডাই-সলফাইডে এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডে বেশী দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হয় লালচে বাদামী (reddish-brown)।

ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড থাকে। $2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$. আবার ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে বরফসংযোগে হিম-শীতল করিলে ব্রোমিন হাইড্রেটের ($Br_2,8H_2O$) কেলাস পাওয়া যায়।

ব্রোমিন নিজে দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়কও নহে। কিন্তু আর্সেনিক, ফস্‌ফোরাস, পটাসিয়াম, কপার প্রভৃতির গুঁড়া ব্রোমিন-পূর্ণ গ্যাসজারে ফেলিলে উহারা স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে এবং উহাদের ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

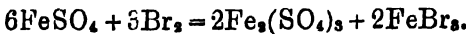
$$2As + 3Br_2 = 2AsBr_3\ ;\ 2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$

$$2K + Br_2 = 2KBr\ ;\ 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$

ব্রোমিনের বাষ্প এবং হাইড্রোজেন মিশাইলে সাধারণ উষ্ণতায় কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন সহজেই সংযুক্ত হয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। $H_2 + Br_2 = 2HBr$. ব্রোমিন মৃদু জারক এবং অতি সামান্য বিরঞ্জকগুণ বিশিষ্ট ; ইহা লিটমাসকে বর্ণশূন্য করে। হাইড্রোজেন সলফাইড এবং সলফার ডাই-অক্সাইডকে ইহা সহজেই জারিত করে।

$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S\ ;\ SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4.$$

সলফাইটকেও জারিত করিয়া ইহা সলফেটে পরিণত করে।

$$Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr.$$

ফেরাস সলফেটও ব্রোমিন দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক সলফেটে পরিণত হয়।

$$6FeSO_4 + 3Br_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2FeBr_3.$$

ব্রোমিনের সহিত ঠাণ্ডা এবং পাতলা ক্ষারকের [$KOH, NaOH, Ca(OH)_2$ ইত্যাদি] বিক্রিয়ার ফলে হাইপোব্রোমাইট এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

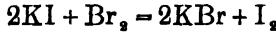
$$Br_2 + 2KOH = KBr + KOBr + H_2O$$

$$2Br_2 + 2Ca(OH)_2 = CaBr_2 + Ca(OBr)_2 + 2H_2O.$$

কিন্তু উষ্ণ ক্ষারকের সহিত অতিরিক্ত ব্রোমিনের ক্রিয়ার ফলে ব্রোমেট এবং ব্রোমাইড পাওয়া যায়।

$$3Br_2 + 6NaOH = NaBrO_3 + 5NaBr + 3H_2O$$

আয়োডাইডে ব্রোমিন যোগ করিলে আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

বস্তুতঃ ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্মগুলি ক্লোরিণের অনুরূপ, কিন্তু ক্লোরিণ অপেক্ষা ইহার সক্রিয়তা অনেকটা কম।

ইহা ষ্টার্চ (starch) এবং ত্বককে হলুদ রং-এ রঞ্জিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটায়। যদিও অনেক মৌল পদার্থের সহিত ইহা সহজেই সংযুক্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপাদন করে, কিন্তু কার্বন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না।

ব্রোমিনের অভিক্ষণ : (1) ব্রোমিনের উপস্থিতি উহার বিশিষ্ট গাঢ় লাল রং এবং তীব্র গন্ধের সাহায্যেই জানা যায়। (2) ষ্টার্চের দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ কমলালেবুর বর্ণের মত হয়। (3) ষ্টার্চ এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিনের বাষ্পে ধরিলে উহার বর্ণ নীল হয়। (4) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-সলফাইড যোগ করিয়া ভালভাবে ঝাঁকাইয়া রাখিয়া দিলে নীচে যে কার্বন ডাই-সলফাইডের স্তর জমা হয় তাহা লালচে বাদামী বর্ণের হয়। এই সমস্ত পরীক্ষাদ্বারা ব্রোমিনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং ব্রোমিনের বাষ্পের রং, তীব্রগন্ধ একই প্রকার। কোন বিক্রিয়ায় লালচে বাদামী রং-এর বাষ্প উদ্ভূত হইলে তাহা ব্রোমিনের অথবা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের এই সম্বন্ধে সন্দেহ উপস্থিত হইলে বাষ্পটিকে জলের ভিতর চালনা করিলে যদি বর্ণহীন দ্রবণ পাওয়া যায় তবে বাষ্পটি নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের বলিয়া জানা যাইবে। ব্রোমিনের বাষ্প হইলে জলের দ্রবণের বর্ণ হলদে হইবে।

ব্রোমিনের ব্যবহার : মুক্ত ব্রোমিন ব্রোমাইড লবণ উৎপাদনে, বীজাণু-নাশক হিসাবে, জৈব সংশ্লেষণে (organic synthesis), জৈব রঞ্জক (organic dyes) প্রস্তুতে এবং জারক-হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ব্রোমিন অপেক্ষা ব্রোমাইডের ব্যবহার বেশী। পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr.) এবং সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) দুইটি প্রধান ব্রোমাইড লবণ। পটাসিয়াম ব্রোমাইড ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফীর প্লেটে ব্যবহার করা হয় এবং প্লেটের উপর ইহা পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং সিলভার

নাইট্রেটের বিক্রিয়ার দ্বারা উৎপাদিত হয়। বীজাণুনাশক হিসাবে যখন ইহার ব্যবহার হয় তখন ব্রোমিনকে কিসেলগুড় (kieselguhr) নামক মাটিতে শোষণ করিয়া কঠিন ব্রোমিন (Bromum Solidificatum) নামে বাজারে বিক্রয় করা হয়।

আয়োডিন (Iodine)

সংকেত—I, পারমাণবিক ওজন—126·9, বাষ্পীয় ঘনত্ব—126·9

আণবিক সংকেত I_2, গলনাঙ্ক 114·2° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 184° সেন্টিগ্রেড, ঘনাঙ্ক 4·94।

অবস্থান : অন্যান্য হ্যালোজেনের মত আয়োডিনও প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। সমুদ্রের জলে কিছু পরিমাণ আয়োডাইড লবণ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ আগাছা (Sea-weeds) এই আয়োডাইড আত্মসাৎ করিয়া থাকে। সমুদ্রের তটবর্তী উদ্ভিদ্ অপেক্ষা গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদে কিছু বেশী পরিমাণ আয়োডাইড থাকে। ঝড়ের সময় গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদ্‌গুলি সমুদ্রতটে আসিয়া জড়ো হয়। সেই উদ্ভিদ্‌গুলি সংগ্রহ করিয়া রৌদ্রে শুকাইয়া সাবধানে পোড়ান হয় যাহাতে কোন আয়োডিন উড়িয়া না যায়। পোড়ানর পর যে ছাই (ash) পাওয়া যায় তাহাকে সাধারণতঃ কেল্‌প্ (Kelp) বলে এবং এই কেল্‌প্ হইতে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ ছাড়াও চিলিতে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচির (Caliche) যে খনি আছে তাহাতে সামান্য পরিমাণ সোডিয়াম আয়োডেট ($NaIO_3$) সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাও আয়োডিনের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

জীবদেহের কোন কোন গ্রন্থিতে (glands) যথা, থাইরয়েড (thyroid) গ্রন্থিতে, কড নামক সামুদ্রিক মৎস্যের লিভার হইতে উৎপন্ন তৈলে, দুগ্ধে এবং পেট্রোলিয়াম খনি হইতে প্রাপ্ত লবণ-জলে (petroleum brine) আয়োডিনের যৌগ দেখিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (ক) পরীক্ষাগার প্রণালী : পরীক্ষাগারে যে উপায়ে ইহার সমগোত্রীয় ক্লোরিণ ও ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়, সেই একই উপায়ে আয়োডিনও প্রস্তুত করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া একটি বকযন্ত্রে লইয়া উত্তপ্ত করা হয়।

বকযন্ত্রের মুখে একটি ফ্লাস্ক লাগানো হয় এবং ইহাই আয়োডিনের গ্রাহক হিসাবে কার্য করে। এই ফ্লাস্কটিকে একটি কাচের দ্রোণীতে জল রাখিয়া সেই জলের ভিতর যতটা সম্ভব ডুবাইয়া রাখা হয় এবং ফ্লাস্কের উপর দিকে ভিজা কাপড় বা ভিজা ব্লটিং কাগজ রাখিয়া অনবরত জল ঢালা হয়। ইহাতে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা থাকে। উত্তাপ প্রয়োগের ফলে আয়োডিনের বেগুনী রংএর বাষ্প উত্থিত হয় এবং এই বাষ্প ঠাণ্ডা ফ্লাস্কের ভিতর যাইয়া উজ্জ্বল কালো আয়োডিনের স্ফটিকে পরিণত হয়। ("রসায়নের গোড়ার কথা", প্রথম ভাগ, চতুর্থ সংস্করণ, ৩৪ পৃঃ চিত্র নং ৫ দেখ।)

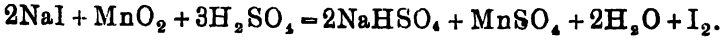
$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2.$$

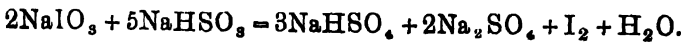
(খ) পণ্য-উৎপাদন : (i) সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে (from sea-weeds) গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদগুলি ঝড়ে সমুদ্রতটে আসিয়া লাগিলে সংগ্রহ করা হয় এবং রৌদ্রতাপে শুকাইয়া লওয়া হয়। শুষ্ক উদ্ভিদগুলিকে মৃদুতাপে পোড়ানো হয়, কারণ উচ্চ উষ্ণতায় আয়োডাইড লবণ নষ্ট হইয়া যায়। এই প্রকারে পোড়ানর ফলে যে ছাই উৎপন্ন হয় তাহাকে কেল্‌প বলে। এই কেল্‌পে ক্ষার-

চিত্র নং 53

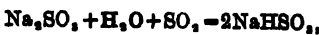
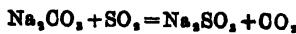
ধাতুর আয়োডাইড এবং অন্যান্য লবণ থাকে। এই কেল্‌প্‌কে লোহার পাত্রে লইয়া ষ্টীমের উত্তাপে জলে গুলিয়া যে দ্রব উৎপন্ন হয় তাহা ছাঁকিয়া লোহার কড়াইএ ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সলফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণগুলি কেলাসিত হয়। কেলাসিত লবণগুলি অপসারিত করিয়া যে শেষ দ্রব পাওয়া যায় তাহাতে সোডিয়াম আয়োডাইড এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড, সামান্য ব্রোমাইড এবং ক্লোরাইড থাকে। শেষ-দ্রবের সহিত সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে পোড়াইবার সময় উৎপন্ন সলফাইড হইতে সলফার মুক্ত হয়। মুক্ত সালফারযুক্ত দ্রবণকে থিতাইতে দেওয়া হয় এবং পরে উপর হইতে পরিষ্কার দ্রবকে ঢালিয়া লইয়া তাহার সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত

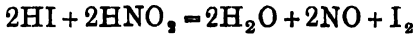
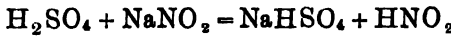
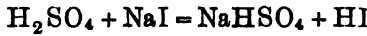
করিয়া লোহার কড়াইএ উত্তপ্ত করা হয়। লোহার কড়াইএর উপর সীসার ঢাকনা (still heads) লাগানো থাকে এবং ঢাকনার সহিত নির্গমনল লাগাইয়া নির্গমনলের মুখ অ্যালুডেল (aludel) নামে অভিহিত মাটির গ্রাহকের ভিতর প্রবেশ করাইয়া রাখা হয়। আয়োডাইড হইতে মুক্ত আয়োডিন উৎক্ষিপ্ত হইয়া অ্যালুডেলের ভিতর কঠিন অবস্থায় সংগৃহীত হয়।

$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2.$$

(ii) চিলির নাইট্রেট বা ক্যালিচি হইতে (from Chile saltpetre or Caliche) : ক্যালিচিতে সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত শতকরা 0·2 ভাগ সোডিয়াম আয়োডেট্‌ মিশ্রিত থাকে। সাধারণতঃ এই ক্যালিচি সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়, কিন্তু সোডিয়াম আয়োডেট্‌ উদ্ভিদের ধ্বংস সাধন করে। তাই ক্যালিচিকে জলে দ্রবীভূত করিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করা হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত করিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। তখন যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে তাহাতে সোডিয়াম আয়োডেট্‌ থাকিয়া যায়। এই শেষদ্রবের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়াম বাই-সলফাইটের দ্রবণ মেশান হয়। এই মিশ্রণের ফলে আয়োডেট্‌ হইতে আয়োডিন মুক্ত হয় এবং কঠিন অবস্থায় দ্রবণ হইতে পৃথক হইয়া যায়।

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + I_2 + H_2O.$$

এই কঠিন আয়োডিনযুক্ত দ্রবণকে থিতাইতে দেওয়া হয়। পরে উপর হইতে তরল দ্রবকে অপসারিত করিয়া কঠিন আয়োডিনকে জল দ্বারা ধৌত করা হয়। পরে চাপ প্রয়োগ করিয়া ইহাকে চাকতিতে (cakes) পরিণত করা হয়।

দ্রষ্টব্য : সোডিয়াম বাই-সলফাইট বা অ্যাসিড সোডিয়াম সলফাইট্‌ ($NaHSO_3$) বাজারে না কিনিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর সলফার পোড়াইয়া উৎপাদিত সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস যথেষ্ট পরিমাণে অতিক্রম করাইয়া আয়োডিন উৎপাদনের স্থানেই প্রস্তুত করা হয় এবং এইভাবে সোডিয়াম বাই-সলফাইটের যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাই আয়োডেটের দ্রবণে যোগ করা হয়।

$$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$$
$$Na_2SO_3 + H_2O + SO_2 = 2NaHSO_3,$$

(iii) পেট্রোলিয়াম খনিতে প্রাপ্ত লবণ জল হইতে (from Petroleum brine) ঃ এই স্থলে বর্ণিত পদ্ধতি দ্বারা আমেরিকাতে পেট্রোলিয়াম খনি হইতে সংগৃহীত লবণ-জল হইতে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। যুক্তরাজ্যের দক্ষিণ কেরোলিনার পেট্রোলিয়াম খনি হইতে যে লবণ-জল পাওয়া যায় তাহার দশ লক্ষ ভাগে 30 হইতে 70 ভাগ আয়োডিন সোডিয়াম আয়োডাইডরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। এই লবণ-জলকে থিতাইতে দেওয়া হয় এবং উপরে যে তৈল জমা হয় তাহা অপসারিত করা হয়। তাহার পর লবণ-জলে সলফিউরিক অ্যাসিড উপযুক্ত পরিমাণ যোগ করিয়া জলকে অ্যাসিডধর্মী করা হয়। পরে সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) যোগ করিলে আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত হয়। এখানে সোডিয়াম নাইট্রাইট জারকরূপে কার্য করে।

$$H_2SO_4 + NaI = NaHSO_4 + HI$$
$$H_2SO_4 + NaNO_2 = NaHSO_4 + HNO_2$$
$$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + I_2$$

দ্রবটি ঈষৎ হলুদবর্ণের দেখায়, কারণ মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ খুবই কম। এই দ্রবকে উজ্জীবিত (activated) অঙ্গারের গুঁড়ার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পরিস্রাবিত করা হয়। যখন যথেষ্ট পরিমাণ আয়োডিন উজ্জীবিত অঙ্গারে জমা হয়, তখন ঐ উজ্জীবিত অঙ্গারের সহিত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া ফুটান হয়। আয়োডিন আয়োডাইড এবং আয়োডেটে পরিণত হইয়া দ্রবে মিশিয়া থাকে।

$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O.$$

অঙ্গার হইতে দ্রবকে পৃথক করিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া যথেষ্ট পরিমাণে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবটি অ্যাসিডধর্মী হইবে এবং তখন কঠিন আয়োডিন দ্রবণের ভিতর জমা হয়।

$$5NaI + NaIO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3I_2 + 3H_2O.$$

আয়োডিনের বিশুদ্ধি সম্পাদন ঃ উপরের লিখিত উপায়ে প্রাপ্ত আয়োডিনে জলীয় বাষ্প, আয়োডিন ক্লোরাইড (ICl), আয়োডিন ব্রোমাইড (IBr) এবং আয়োডিন সায়ানাইড (ICN) অশুদ্ধিরূপে বর্তমান থাকে। ইহারা সকলেই উদ্বায়ী, সেই কারণে উর্দ্ধপাতন দ্বারা ইহাদিগকে আয়োডিন হইতে পৃথক্ করা যায় না। এই সকল অশুদ্ধিযুক্ত আয়োডিনের সহিত চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড, CaO) এবং

পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডিন ঊর্দ্ধপাতিত হয়। চুন দ্বারা জল শোষিত হয় এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড ক্লোরিণ এবং ব্রোমিন অপসারিত করে।

অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাইতে হইলে উপরে লিখিত প্রণালীতে ঊর্দ্ধপাতিত আয়োডিনকে পটাসিয়াম আয়োডাইডের গাঢ় দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে অতিরিক্ত জল দিয়া পাতলা করিলে কঠিন আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে কাচের পশমের (glass-wool) মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া বায়ু-শূন্য শোষকাধারে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের উপরে রাখিয়া শুকাইয়া লইলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

কিউপ্রাস আয়োডাইডকে বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

$$Cu_2I_2 + O_2 = 2CuO + I_2.$$

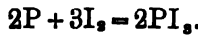
আয়োডিনের ধর্ম ঃ সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন ধূসর রংএর উজ্জ্বল স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। সাধারণতঃ ইহাকে আঁশের (scales) আকারে পাওয়া যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·94 এবং ইহার গলনাঙ্ক 114·2° সেন্টিগ্রেড। সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন অতি ধীরে ধীরে কঠিন অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হয়। উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ইহা গলিবার অনেক আগেই বেগুণী রংএর বাষ্পে পরিণত হয়। সেই কারণে ইহাকে সহজেই ঊর্দ্ধপাতিত করা সম্ভব। আয়োডিনের বাষ্পের গন্ধ অনেকটা পাতলা ক্লোরিণের অনুরূপ। তরল আয়োডিনের স্ফুটনাঙ্ক 184·4° সেন্টিগ্রেড এবং এই স্ফুটনাঙ্কের উষ্ণতায় আয়োডিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে জানা যায় যে ইহার আণবিক সংকেত হইল I_2, এবং 700° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে আয়োডিনের অণু দ্বিপরমাণুক বলিয়া জানা যায়। কিন্তু তাহার পর 1700° সেন্টিগ্রেড তাপ-মাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিলে দেখা যায় যে দ্বিপরমাণুক অণুগুলি পুরাপুরী এক-পরমাণুক অণুতে পরিবর্তিত হয়। $I_2 \rightleftharpoons 2I.$

জলে আয়োডিন অতি সামান্য দ্রাব্য। 1 লিটার জলে 18° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মাত্র 0·2765 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত হয়, 35° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 0·4662 গ্রাম এবং 55° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 0·9226 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত হয়। কিন্তু ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে খুব দ্রাব্য। দ্রবণের রং বাদামী। এই দ্রবণে পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। $KI + I_2 = KI_3.$

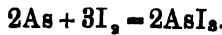
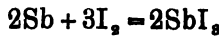
এই দ্রবণ হইতে KI_3, H_2O এর কালো রংএর কেলাস পাওয়া যায়। বিভিন্ন জৈব দ্রাবকে, যথা, অ্যালকোহল, ইথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম এবং কার্বন ডাই-সলফাইড, আয়োডিন বেশ দ্রবীভূত হয়। অ্যালকোহলে, বেনজিনে ও ইথারে যে দ্রব উৎপন্ন হয় তাহার রং বাদামী, কিন্তু ক্লোরোফর্মে ও কার্বন ডাই-সলফাইডে যে দ্রব পাওয়া যায় তাহার রং বেগুণী।

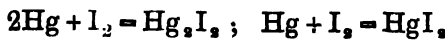
আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিণ এবং ব্রোমিনের অনুরূপ, কিন্তু ইহার সক্রিয়তা ক্লোরিণ ও ব্রোমিণের তুলনায় অনেক কম। আয়োডিনের বাষ্প দাহ্যও নয় এবং সাধারণ হিসাবে দহনের সহায়কও নয়। কিন্তু সাদা ফসফোরাস, অ্যান্টিমনি এবং আর্সেনিকের গুঁড়া আয়োডিন বাষ্পে দিলে জ্বলিয়া উঠে এবং আয়োডিনের বাষ্প এই দহনের সহায়তা করে।

পরীক্ষা ঃ একটি খর্পরের এক প্রান্তে একটুকরা সাদা ফসফোরাস, এবং অন্য প্রান্তে একটুকরা আয়োডিন রাখিলে কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু আয়োডিনের টুকরা ফস্‌ফোরাসের সহিত একত্রিত করিলেই প্রথমে ফস্‌ফোরাস গলিয়া যায় এবং পরে উহারা তীব্রভাবে ক্রিয়া করে এবং ফস্‌ফোরাস জ্বলিয়া উঠে ও আয়োডিনের বেগুনী ধোঁয়া দেখা যায়। উজ্জ্বলন চামচে একটুকরা সাদা ফস্‌ফোরাস লইয়া আয়ো-ডিনের বাষ্পের ভিতর নামাইয়া দিয়া এই পরীক্ষা দেখান যাইতে পারে। সেখানেও প্রথমে সাদা ফস্‌ফোরাস গলিয়া যায় এবং পরে তাহাতে আগুন ধরিয়া যায়।

$$2P + 3I_2 = 2PI_3.$$

আয়োডিনের বাষ্পপূর্ণ গ্যাস জারে অ্যান্টিমনি বা আর্সেনিকের গুঁড়া ঈষৎ উত্তপ্ত করিয়া ছিটাইয়া দিলে তাহা ফুলঝুরির মত জ্বলিয়া উঠে।

$$2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$$

$$2As + 3I_2 = 2AsI_3.$$

মার্কারি ও আয়োডিন একটি খলে লইয়া উত্তমরূপে নুড়ি দিয়া মাড়িয়া মিশ্রিত করিলেই মার্কারি আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

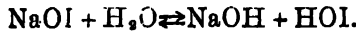
$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2 \;;\quad Hg + I_2 = HgI_2$$

মারকিউরাস আয়োডাইড (ধূসর রংএর) — মারকিউরিক আয়োডাইড (লাল রংএর)

হাইড্রোজেনের প্রতি আয়োডিনের আসক্তি আছে, কিন্তু ক্লোরিণ ও ব্রোমিনের তুলনায় তাহা মাত্রায় অতি কম। হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বাষ্প মিশ্রিত করিয়া সূর্যালোকে ধরিলে বা রৌদ্রতাপে ধরিলে কোন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না; মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিলেও কোন বিক্রিয়া হয় না; কিন্তু প্লাটিনাম ধাতুর অনুঘটক-রূপে উপস্থিতিতে অধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিন আংশিকভাবে সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করে। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

ক্ষার-পদার্থের দ্রবণের সহিত আয়োডিন দুইভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় পাতলা ক্ষার পদার্থের দ্রবণের সহিত সোডিয়াম আয়োডাইড এবং সোডিয়াম হাইপো-আয়োডাইট উৎপাদিত হয়।

$$I_2 + 2NaOH = NaI + NaOI + H_2O.$$

কিন্তু হাইপো-আয়োডাইটগুলি অস্থায়ী যৌগ; জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া ইহারা হাইপো-আয়োডাস্ অ্যাসিড দিয়া থাকে।

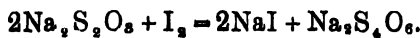
$$NaOI + H_2O \rightleftharpoons NaOH + HOI.$$

অধিক উষ্ণতায় ক্ষারের গাঢ় দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিলে আয়োডাইড এবং আয়োডেট্ উৎপন্ন হয়।

$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O.$$

আয়োডিনের মৃদু জারণগুণ আছে; ইহা হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে সলফার মুক্ত করে: $H_2S + I_2 = 2HI + S$; সলফার-ডাই-অক্সাইডকে জলের উপস্থিতিতে সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে; $SO_2 + I_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$; সোডিয়াম সলফাইটের দ্রবণকে সোডিয়াম সলফেটের দ্রবণে রূপান্তরিত করে।

$$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI.$$

সোডিয়াম থায়োসলফেটের দ্রবণের সহিত আয়োডিন সংস্পর্শে আসামাত্র বিক্রিয়া ঘটে, আয়োডিনের রং নষ্ট হয় এবং সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট ও সোডিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

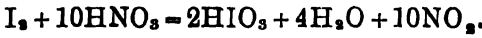
$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6.$$

সোডিয়াম থায়োসলফেট   সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট

আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া ক্লোরিণ বা ব্রোমিন পৃথক করিতে পারে না, কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে ক্লোরিণকে বিচ্ছিন্ন করে।

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তাপ দ্বারা গলাইয়া তরল পটাসিয়াম ক্লোরেটে আয়োডিন যোগ করিতে হয়। $2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$

শ্বেতসারের দ্রবণে সামান্য আয়োডিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ ঘোর নীল হয়। দ্রবণকে 89° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার উপর উত্তপ্ত করিলে দ্রবণের নীল বর্ণ লোপ পাইয়া পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া আসে। দ্রবণকে পুনরায় ঠাণ্ডা করিলে নীলবর্ণ ফিরিয়া আসে। শ্বেতসার ও আয়োডিনের একটি অস্থায়ী যৌগ (ষ্টার্চ আয়োডাইড বা ষ্টার্চ-আয়োডিন যৌগ—starch iodide or starch-iodine compound) গঠিত হওয়ায় দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়।

গাঢ় এবং উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা আয়োডিন জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিড দেয়।

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 4H_2O + 10NO_2.$$

আয়োডিনের অভীক্ষণ ঃ ইহার বেগুনী বাষ্প ইহাকে সহজেই চিনাইয়া দেয়। বর্ণহীন শ্বেতসারের দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা 50 লক্ষ ভাগ জলে 1 ভাগ আয়োডিন থাকিলেও তাহার অস্তিত্ব ধরা যায়। কার্বন ডাই-সালফাইড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ও ক্লোরোফর্মে ইহার যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহার বেগুনী রং দেখিয়া ইহাকে সহজেই চেনা যায়।

আয়োডিনের ব্যবহার ঃ বীজাণুনাশক ঔষধ হিসাবে আয়োডিন এবং আয়োডিনের কোন কোন যৌগ প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। টিংচার আয়োডিন (tincture of iodine) রূপে ইহাকে আমরা ব্যবহার করিয়া থাকি। ইহা প্রস্তুত করিতে অর্ধ আউন্স আয়োডিন, অর্ধ আউন্স পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং অর্ধ আউন্স জলের মিশ্রণে 95% অ্যালকোহল যোগ করিয়া 1 পাঁইট করিতে হয়। ইহা ছাড়া আয়োডিন রঞ্জনশিল্পে এবং আয়োডোফর্ম, সোডিয়াম আয়োডাইড, পটাসিয়াম আয়োডাইড ও সিলভার আয়োডাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে ইহা মৃদু জারক হিসাবে এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণে এবং সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ যে উপায়ে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়, সেই উপায় অবলম্বন করিয়া হাইড্রো-ব্রোমিক বা হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। তাহার কারণ ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে উষ্ণ সলফিউরিক অ্যাসিডের

বিক্রিয়ার ফলে মুক্ত হাইড্রো-ব্রোমিক এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে এবং সলফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে ও নিজে জারিত হইয়া ব্রোমিন এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে।

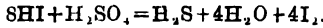
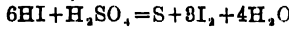
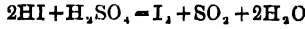
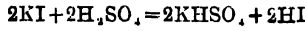
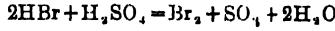
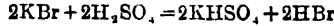
$$2KBr + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HBr$$

$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2KI + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HI$$

$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$6HI + H_2SO_4 = S + 3I_2 + 4H_2O$$

$$8HI + H_2SO_4 = H_2S + 4H_2O + 4I_2.$$

সেই কারণে অন্য এক উপায়ে এই দুইটি হ্যালোজেন হাইড্রাসিড (Halogen hydracid) প্রস্তুত করা হয়। হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে একটি ফ্লাস্কে লাল ফসফোরাস ও জলের মিশ্রণ লইয়া বিন্দুপাতন ফানেলের সাহায্যে উক্ত মিশ্রণের উপর তরল ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সাদা ধোঁয়া ব্রোমিনের বাদামী বাষ্পের সহিত মিশ্রিত হইয়া ফ্লাস্কে সংযুক্ত নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই অশুদ্ধ হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে একটি U-নলের মধ্যস্থিত ভিজা লাল ফসফোরাসের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়।

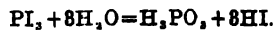
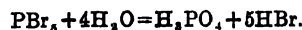
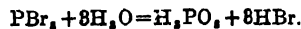
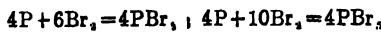
তাহাতে ব্রোমিনের বাষ্প শোষিত হয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাসীয় অবস্থায় U-নল হইতে বাহির হইয়া আসে। এই নির্গম-নলের সহিত একটি উল্টান ফানেল যোগ করিয়া ফানেলের মুখটি একটি বড় বীকারে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড শোষিত হয় এবং হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। শেষের দিকে ফ্লাস্কটিকে তার-জালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপদ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং সমগ্র হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বাহির করিয়া লওয়া হয়। হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড (Hydriodic acid) প্রস্তুত করিতে ফ্লাস্কের ভিতর আয়োডিন এবং লাল ফসফোরাসের মিশ্রণ লইতে হয় এবং ফ্লাস্কের মুখে সংযুক্ত বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল উক্ত মিশ্রণের উপর ফেলা হয়। তাহাতে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন আয়োডাইড আয়োডিনের বাষ্পের সহিত মিশ্রিত হইয়া বাহির হইয়া আসে। এই হাইড্রোজেন আয়োডাইড এবং আয়োডিনের মিশ্রণটি একটি U-নলের ভিতরে অবস্থিত ভিজা লাল ফসফোরাসের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া আয়োডিনমুক্ত করা হয় এবং নির্গম-নলের সহিত উল্টান ফানেল লাগাইয়া ফানেলের মুখ একটি বীকারে অবস্থিত জলে ডুবাইয়া হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

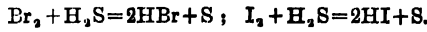
$$4P + 6Br_2 = 4PBr_3 \text{ ; } 4P + 10Br_2 = 4PBr_5$$

$$PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr.$$

$$PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr.$$

$$4P + 6I_2 = 4PI_3$$

$$PI_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HI.$$

হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করার কোনই প্রয়োজন হয় না; বরং ঠাণ্ডা জলে ডুবাইয়া ফ্লাস্কটিকে বিক্রিয়া সংঘটিত হইবার সময় ঠাণ্ডা করিতে হয়। ব্রোমিনের দ্রবণে এবং আয়োডিনযুক্ত জলে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) অতিক্রম করাইয়া পরিস্রাবণদ্বারা সালফার অপসারিত করিলে যথাক্রমে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড এবং হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যাইতে পারে।

$$Br_2 + H_2S = 2HBr + S \; ; \; I_2 + H_2S = 2HI + S.$$

হ্যালোজেন গোষ্ঠীর তুলনামূলক আলোচনা ঃ

কতকগুলি ধর্মে হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মৌলগুলি সমতা দেখাইয়া থাকে, আবার কতকগুলি ধর্মে তাহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাসবৃদ্ধি দেখা যায়।

উল্লেখযোগ্য সমধর্ম সমূহ ঃ (i) হ্যালোজেন মৌলের কোনটিই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। (ii) মৌলগুলি সকলেই এক-যোজী: (iii) তাহাদের প্রত্যেকটির গন্ধ অতিশয় খারাপ। (iv) ইহাদের প্রত্যেকটিই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উক্ত অ্যাসিডগুলি প্রত্যেকটিই বর্ণহীন গ্যাস ও জলে খুবই দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণগুলি তীব্র অ্যাসিড। (v) তাহারা সকলেই ধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়। (vi) ফ্লুয়োরিণ ছাড়া অন্য সমস্ত হ্যালোজেন মৌলই একই উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। (vii) ফস্‌ফোরাসের সহিত সকলেই প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া ফস্‌ফোরাসের হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

নিম্নে যে সমস্ত ধর্ম পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত হ্রাসবৃদ্ধি দেখাইয়া থাকে তাহা দেখান হইল। একমাত্র জলে দ্রাব্যতা এই নিয়মের অধীন নয়। ফ্লুয়োরিণের জলে দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায় না, কারণ ইহা জলের সহিত ক্রিয়াশীল। ক্লোরিণের জলে দ্রাব্যতা অপেক্ষা ব্রোমিনের দ্রাব্যতা সামান্য বেশী, কিন্তু আয়োডিন জলে অতি সামান্যই দ্রবীভূত হয়।

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(1) পারমাণবিক ওজন	19	35·45	79·92	126 91
(2) অবস্থা	গ্যাস	গ্যাস	তরল	কঠিন
(3) বাষ্পের রং	ফিকে সবুজ আভা-বিশিষ্ট হলুদ	সবুজ আভাবিশিষ্ট হলুদ	বাদামী আভাযুক্ত লাল	বেগুনী
(4) গন্ধ	অতিশয় জ্বালা-উৎপাদক খারাপ গন্ধ	জ্বালা-উৎপাদক উগ্র গন্ধ	অতিশয় জ্বালা-উৎপাদক উগ্র গন্ধ	চোখের এবং নাকের জ্বালা-উৎপাদনকারী উগ্র গন্ধ
(5) জলে দ্রাব্যতা	জলকে বিশ্লিষ্ট করে	জলে সাধারণভাবে দ্রাব্য	জলে সাধারণ প্রকার দ্রাব্য	জলে অতি সামান্য দ্রাব্য
(6) আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী	বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী	তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·188 (0° সেন্টিগ্রেড)	কঠিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·94

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি :—

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(7) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	অন্ধকারে এবং অতি নিম্ন তাপে (তরল বায়ুর উষ্ণতায়) বিস্ফোরণ-সহকারে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2 + F_2 = 2HF$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড খুবই সুস্থিত যৌগ।	সূর্যালোকে বিস্ফোরণ-সহকারে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড অপেক্ষা কম সুস্থিত যৌগ।	উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2 + Br_2 = 2HBr$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উত্তাপে বিয়োজিত হয়।	অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেনের সহিত ধীরে ধীরে যুক্ত হয়। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড অতি অল্প উত্তাপে বিয়োজিত হয়।
(8) জলের সহিত বিক্রিয়া।	জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া ওজোনযুক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন করে।	সূর্যালোকে জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে	সূর্যালোকে জলকে অতি ধীরে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।	জলের সহিত আয়োডিনের কোন বিক্রিয়া কোন অবস্থাতেই হয় না।

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
	$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2$; $3H_2O + 3F_2 = 6HF + O_3$	$2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$	$2H_2O + 2Br_2 = 4HBr + O_2$	
(9) বিরঞ্জক ধর্ম	জৈব দ্রব্যকে বিশ্লিষ্ট করে।	অতি সহজেই জৈব দ্রব্য-ঘটিত রং নষ্ট করে।	অতি ধীরে জৈব দ্রব্য-ঘটিত রং নষ্ট করে।	বিরঞ্জক গুণ একেবারেই নাই।
(10) রাসায়নিক ধর্ম	সর্বাপেক্ষা বিক্রিয়াশীল। ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইডকে বিয়োজিত করিয়া ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে।	ফ্লুয়োরিণ অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল। ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে ব্রোমিন এবং আয়োডিন মুক্ত করে।	ক্লোরিণ অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল। আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।	সর্বাপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল
(11) ক্ষারের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া :— (ক) ঠাণ্ডা এবং পাতলা দ্রাবণ :	ফ্লুয়োরাইড এবং ফ্লুয়োরিণ মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2F_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O + H_2O$	ক্লোরাইড এবং হাইপো-ক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। $2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$	ব্রোমাইড এবং হাইপো-ব্রোমাইট উৎপন্ন হয়। $2NaOH + Br_2 = NaBr + NaOBr + H_2O$	আয়োডাইড এবং হাইপো-আয়োডাইট উৎপন্ন হয়। কিন্তু হাইপো আয়োডাইট জলদ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইপো-আয়োডস্ অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$; $NaOI + H_2O \rightleftharpoons NaOH + HOI$

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি :—

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(খ) গরম এবং ঘন দ্রবণ :	ফ্লুয়োরাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $2F_2 + 4NaOH = 4NaF + 2H_2O + O_2$	ক্লোরাইড এবং ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। $6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$	ব্রোমাইড এবং ব্রোমেট উৎপন্ন হয়। $6NaOH + 3Br_2 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$	আয়োডাইড এবং আয়োডেট উৎপন্ন হয়। $6NaOH + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$
(12) ষ্টার্চের দ্রবণের (Starch) সহিত বিক্রিয়া	ষ্টার্চের দ্রবণের জলের সহিত বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।	ষ্টার্চের দ্রবণের রং-এর কোন পরিবর্তন হয় না।	ষ্টার্চের দ্রবণের কমলালেবুর মত রং হয়।	ষ্টার্চের দ্রবণের নীল রং হয়।

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি :—

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(13) অক্সাইডের সংখ্যা এবং স্থায়িত্ব	দুইটি অক্সাইড জানা আছে যথা—F_2O এবং F_2O_2	চারিটি অক্সাইড জানা আছে, কিন্তু সমস্ত অক্সাইডগুলিই দুঃস্থিত ; যথা—Cl_2O, ClO_2, Cl_2O_6, Cl_2O_7	অতিশয় দুঃস্থিত অক্সাইড তিনটি জানা গিয়াছে ; যথা—Br_2O, BrO_2, Br_3O_8	তিনটি সুস্থিত অক্সাইড জানা আছে। যথা—IO_2, I_4O_9 এবং I_2O_5
(14) অক্সি-অ্যাসিড-সমূহ	কোনও অক্সি-অ্যাসিড জানা নাই।	হাইপো-ক্লোরাস($HOCl$) ক্লোরাস, ($HClO_2$) এবং ক্লোরিক অ্যাসিড ($HClO_3$) জলীয় দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায়, কিন্তু পারক্লোরিক ($HClO_4$) অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।	হাইপো ব্রোমাস্($HOBr$) এবং ব্রোমিক অ্যাসিড ($HBrO_3$) জলীয় দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায়।	হাইপো-আয়োডস্ অ্যাসিডের (HOI) জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়, কিন্তু আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_3) এবং নানা-প্রকার পার-আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_4, H_5IO_6, $H_4I_2O_9$) কঠিন কেলাসিত সুস্থিত যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়।

Questions

1. Describe Moissan's method of preparation of fluorine. How is fluorine prepared now-a-days ? Give a comparative account of Moissan's method and the modern method employed in the preparation of fluorine. Mention the reaction with equation that occurs when fluorine is passed through a 2% solution of caustic soda. What product is obtained by passing fluorine through sodium carbonate solution ?

১। ময়সাঁর পদ্ধতি দ্বারা ফ্লুয়োরিণের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। বর্তমানে কিভাবে ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করা হয় ? ময়সাঁর পদ্ধতি ও বর্তমান পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা কর। কষ্টিক সোডার ২% দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ অতিক্রম করাইলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে উল্লেখ কর। সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ অতিক্রম করাইলে কোন্ দ্রব্য উৎপন্ন হয়।

2. Describe the method of preparation of anhydrous hydrofluoric acid. What are the uses of hydrofluoric acid ? Describe the method of etching glass with hydrofluoric acid. Why an aqueous solution of hydrofluoric acid cannot be kept in a glass bottle ?

২। অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার প্রণালী বর্ণনা কর। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড কোন্ কোন্ স্থলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে ? হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড দ্বারা কাচের উপর লেখা খোদাই করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ কাচের পাত্রে রাখা যায় না কেন ?

3. Discuss the natural occurrence of bromine. How is it manufactured ? Describe, with equations, the reactions that occur when bromine is added to the aqueous solution of the following :—(a) sulphur dioxide, (b) sodium sulphite, (c) potassium iodide, (d) ferrous sulphate and (e) sodium hydroxide.

৩। ব্রোমিনের প্রাকৃতিক অবস্থান বর্ণনা কর। ইহার পণ্য উৎপাদন কিভাবে সাধিত হয় ? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণের সহিত ব্রোমিন যোগ করিলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর :—(ক) সালফার ডাই-অক্সাইড, (খ) সোডিয়াম সলফাইট, (গ) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (ঘ) ফেরাস সলফেট এবং (ঙ) সোডিয়াম-হাইড্রক্সাইড।

4. Bromine vapour and nitrogen peroxide are similar in appearance. Show experimentally the chemical difference existing between them. Write what you know about uses of bromine.

৪। ব্রোমিনের বাষ্প এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস দেখিতে একই প্রকার দুইটির ভিতর যে রাসায়নিক পার্থক্য বিদ্যমান তাহা পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও। ব্রোমিনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

5. How is iodine manufactured from sea-weeds? Describe the method of purification of iodine so manufactured. State the properties and uses of iodine.

৫। সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে কিভাবে আয়োডিনের পণ্য-উৎপাদন সাধিত হয়? উৎপন্ন আয়োডিনের বিশুদ্ধি-সম্পাদন বর্ণনা কর। আয়োডিনের ধর্মাবলী এবং ব্যবহার উল্লেখ কর।

6. Describe, with equation, the method of manufacture of iodine from chile saltpetre (caliche). What changes are noticed to take place when iodine is heated?

Describe, with equations, the reactions that occur when iodine is added to the aqueous solution of the following substances:—(a) hydrogen sulphide, (b) sulphur dioxide, (c) sodium carbonate, (d) sodium sulphite, (e) sodium thiosulphate and (f) caustic soda.

৬। চিলি হইতে প্রাপ্ত সোডিয়াম নাইট্রেট (ক্যালিচ) হইতে আয়োডিনের পণ্য-উৎপাদন সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর। আয়োডিনে উত্তাপ দিলে কি পরিবর্তন দেখা যায়?

নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিলে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর:— (ক) হাইড্রোজেন সলফাইড, (খ) সলফার ডাই-অক্সাইড, (গ) সোডিয়াম কার্বনেট, (ঘ) সোডিয়াম সলফাইট (ঙ) সোডিয়াম থায়োসলফেট, (চ) কষ্টিক সোডা।

7. What are halogen elements? Why are they so-called? "The halogen elements show a gradation in their physical and chemical properties with increase in their atomic weights"—Discuss the statement in all details.

৭। হ্যালোজেন মৌল কাহাদের বলে? এই নামে তাহারা কেন অভিহিত হয়? হ্যালোজেন মৌলগুলির ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি তাহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত হ্রাসবৃদ্ধি দেখাইয়া থাকে—ইহা বিশদভাবে আলোচনা করিয়া দেখাও।

8. Describe the general method of preparation of the halogen elements chlorine, bromine and iodine. Can hydrobromic acid and hydriodic acid prepared by the same method as hydrochloric acid? If not, why not?

৮। ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। যে পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় সেই পদ্ধতি প্রয়োগে কি হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়? যদি না যায়, তবে তাহার কারণ উল্লেখ কর।

সপ্তবিংশ অধ্যায়

সলফার ও তাহার যৌগসমূহ

(ক) সলফার (গন্ধক)

সংকেত—S; পারমাণবিক ওজন—32; অণুর সংকেত—S_8 (468° সেন্টিগ্রেড), S_6 (524° সেন্টিগ্রেড), S_2(850° সেন্টিগ্রেড)।

ভারতে সলফার 'গন্ধক' নামে অভিহিত হয় এবং এই দেশে ইহার ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল হইতেই চলিয়া আসিতেছে। ইহার সংস্কৃত নাম শুলভেরী; এই নামের অর্থ হইতেছে তামার শত্রু। তামার সহিত গন্ধক মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে তামা নষ্ট হইয়া যায়। খ্রীষ্টজন্মের 800 বৎসর পূর্বে হিন্দুগণ সলফারের ব্যবহার অবগত ছিলেন এবং চিকিৎসাশাস্ত্রে ও বিভিন্ন শিল্পে ইহার ব্যবহার প্রচলিত ছিল।

অবস্থান: সলফার বা গন্ধক মুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। আগ্নেয়-গিরি অঞ্চলে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। সিসিলি ও জাপানে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বটে, কিন্তু যুক্তরাষ্ট্রে (U. S. A.) ইহার সর্বাপেক্ষা বৃহৎ খনি অবস্থিত। পৃথিবীতে যতটা সলফার প্রয়োজন হয়, তাহার 4/5 অংশ আমেরিকা হইতে আসে। ইহা ছাড়া ধাতব সলফাইড এবং সলফেটরূপেও প্রকৃতিতে যথেষ্ট সলফার বর্তমান আছে। প্রাকৃতিক সলফাইডগুলির সংকেতসহ নাম নিম্নে উল্লেখ করা হইল:—

(i) আয়রন পাইরাইটিস FeS_2 (Iron Pyrites)

(ii) কপার পাইরাইটিস, Cu_2S, Fe_2S_3 (Copper Pyrites)

(iii) গেলেনা, PbS (Galena)

(iv) জিঙ্ক ব্লেণ্ড, ZnS (Zinc blende)

(v) সিনেবার, HgS (Cinnabar, হিঙ্গুল, চিনা সিন্দুর)

(vi) রিয়েলগার, As_2S_2 (Realgar)

(vii) অর্পিমেণ্ট, As_2S_3 (Orpiment) ইত্যাদি।

প্রাকৃতিক সলফেটগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য—

(i) জিপসাম $CaSO_4, 2H_2O$ (Gypsum)

(ii) বেরাইটেস, হেভিস্পার, $BaSO_4$ (Barytes or heavyspar)

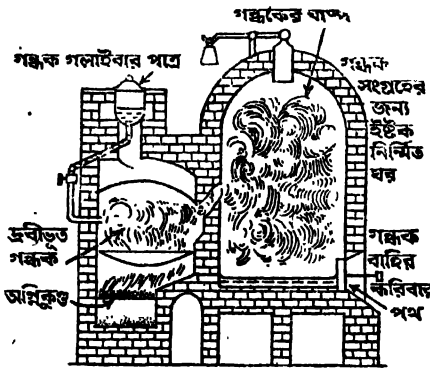
(iii) কাইসেরাইট, $MgSO_4, H_2O$ (Kieserite) ইত্যাদি।

ইহা ছাড়াও অনেক জৈব পদার্থে সলফারের যৌগ দেখিতে পাওয়া যায়। পেঁয়াজ, রশুন, সরিষার তৈল, মাথার চুল, ডিম প্রভৃতিতে সলফারের যৌগের অস্তিত্ব দেখা যায়। চুল আগুনে পোড়াইলে গন্ধকপোড়া গন্ধ (সলফার ডাই-অক্সাইডের গন্ধ) পাওয়া যায়।

ভারতে সলফারের খুবই অভাব। সলফারের যৌগ আয়রন পাইরাইটিস সামান্য পরিমাণে বিহারে, উড়িষ্যায় এবং আসামে পাওয়া যায়। কিন্তু মৌল অবস্থায় সলফার ভারতে একেবারেই পাওয়া যায় না। সেই কারণে ভারতকে বিদেশ হইতে সলফার আমদানি করিতে হয়।

সলফার উৎপাদন: প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় সলফার পাওয়া যায় বলিয়া ইহাকে উহার যৌগ হইতে প্রস্তুত করার প্রয়োজনই হয় না। কোন কোন দ্রব্যের পণ্যোৎপাদনের উপজাত হিসাবে সামান্য পরিমাণ গন্ধক নিষ্কাশিত করা হইলেও প্রাকৃতিক সলফার (যাহা অন্যান্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সংগ্রহ করা হয়) বিশুদ্ধ করিয়া লইয়া বাজারে পাঠানো হয়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে প্রধানতঃ সিসিলি এবং আমেরিকা—এই দুই স্থান হইতেই সলফার সংগ্রহ করা হয়। সিসিলিতে পাহাড়ের ধাপে ধাপে গন্ধক জমা হইয়া থাকে এবং সেখান হইতে চাঁচিয়া পাথরকুচি, বালি, কাদা, জিপ্সাম প্রভৃতির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় লইয়া আসা হয় এবং পরে নিম্নে লিখিত উপায়ে সংশোধিত করিয়া বাজারে পাঠানো হয়। আমেরিকায় ভূপৃষ্ঠের প্রায় 800 ফুট নীচে গন্ধক পাওয়া যায় এবং সেখান হইতে নিম্নে বর্ণিত উপায়ে উহা সংগ্রহ করা হয়।

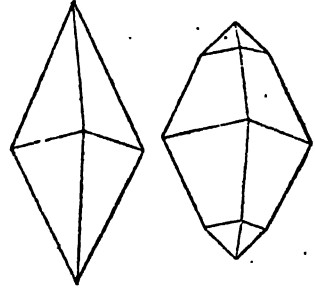
(1) **সিসিলীয় সলফার নিষ্কাশন-পদ্ধতি ঃ** সিসিলি দ্বীপ হইতে সংগৃহীত সলফারে মাত্র শতকরা 20—25 ভাগ বিশুদ্ধ সলফার থাকে। পাথরকুচি, বালি, জিপ্সাম প্রভৃতি অশুদ্ধি হইতে সলফার পৃথক্ করিবার জন্য পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইষ্টকনির্মিত গোলাকার ভাঁটির (calcaroni) মধ্যে অশুদ্ধ সলফার স্তূপীকৃত করিয়া রাখিয়া স্তূপের উপরের অংশে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে স্তূপের উপরকার সলফার আংশিকভাবে পুড়িয়া যায়, আর তাহার ফলে উৎপন্ন তাপে অবশিষ্ট সলফার গলিয়া যায় এবং ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইয়া আসিয়া নীচে অবস্থিত একটি চৌবাচ্চায় জমা হয়। অশুদ্ধিগুলির অধিকাংশ উপরেই থাকিয়া যায়। ইহাতে অনেকটাই সলফার (প্রায় 1/3 অংশ) অপচয় হয়, কিন্তু ইটালীতে জ্বালানী-কাঠ ও কয়লার খুবই অভাব বলিয়া ইহা ছাড়া অন্য উপায় সেখানে অবলম্বন করা যায় না। এই উপায়ে প্রাপ্ত সলফারে শতকরা 5—7 ভাগ মাটি এবং অন্যান্য অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকে। পাতনক্রিয়া-দ্বারা এই সলফারকে বিশুদ্ধ করা প্রয়োজন, কিন্তু ইটালীতে জ্বালানী-কাঠ ও কয়লার অভাবে সেখানে ইহার শোধন সম্ভব হয় না, ফ্রান্সের দক্ষিণে অবস্থিত মার্সাই (Marseilles) বন্দরে এই অশুদ্ধ সলফার চালান দেওয়া হয়। সেখানে ইহা নিম্নলিখিত উপায়ে পাতনক্রিয়া-দ্বারা শোধন করা হয় :—

অশুদ্ধ গন্ধককে উপযুক্ত বড় লোহার পাত্রে গলানো হয়। গলিত সলফার অতঃপর উপরের লোহার পাত্রে সংযুক্ত নল দিয়া গড়াইয়া একটি লোহার বকযন্ত্রে যায়। সেখানে চুল্লীর আগুনে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। 444° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার ফুটিতে থাকে এবং উৎপন্ন সলফারের বাষ্প একটি বৃহৎ ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। সেখানে ঠাণ্ডা দেওয়ালের গায়ে উহা হলদে গুঁড়ার আকারে প্রথমে জমা হয়। ইহাকে **গন্ধক-পুষ্প** (flowers of sulphur) বলে। পরে প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা বাড়িয়া গিয়া 113° সেন্টিগ্রেডে পৌঁছিলে হলদে

চিত্র নং 54

গুঁড়া গলিয়া যায় এবং তরল সলফার প্রকোষ্ঠের মেঝেতে জমা হয়। গলিত গন্ধককে একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির করিয়া লইয়া গোল ছাঁচে ঢালিয়া কঠিন করা হয়। ইহাকে **বাতি-গন্ধক** (Roll sulphur) বলে। বাতি-গন্ধককে গুঁড়া করিয়া কার্বন ডাই-সলফাইডে (CS_2) দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে ছাঁকিয়া পরিস্রুতকে বাতাসে রাখিয়া কার্বন ডাই-সলফাইড বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে অতি বিশুদ্ধ রম্বিক (Rhombic) সলফার পাওয়া যায়।

(২) **আমেরিকান পদ্ধতিঃ** লুইসিআনাতে (Louisiana) মুক্ত সলফারের স্তর প্রায় 800 ফিট গভীরতার খনিতে চুনাপাথরের স্তরের নীচে দেখিতে পাওয়া যায়। এই গন্ধক মাটি খুঁড়িয়া তুলিয়া আনা দুঃসাধ্য, কারণ খননকালে বালির স্তর ধ্বসিয়া যায়। তাই ফ্র্যাস (Frash) নামক একজন ইঞ্জিনিয়ারের আবিষ্কৃত এক অভিনব পদ্ধতিদ্বারা এই সলফার উপরে তুলিয়া আনা হয়।

গন্ধক রম্বিক

চিত্র নং 55

বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় নল (Coaxial tubes) একটি গর্ত সলফারের স্তর পর্যন্ত খুঁড়িয়া তাহার ভিতর দিয়া খনিতে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। বহিঃস্থ নলটি দিয়া অতিতপ্ত জল 180° সেন্টিগ্রেডে এবং পাম্পের সাহায্যে 10—18 বায়ুচাপে (atmospheres) প্রবেশ করাইয়া সলফারের স্তরের সংস্পর্শে আনা হয়। অতিতপ্ত জল সলফারকে গলাইয়া দেয়। সকলের মধ্যস্থলে যে নলটি থাকে তাহার ভিতর দিয়া অত্যন্ত উচ্চ চাপে (35 বায়ুচাপ) বায়ু-পাম্পের সাহায্যে নীচে পাঠানো

গন্ধক সংগ্রহের ফ্র্যাস পদ্ধতি

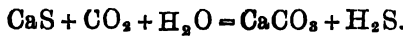
চিত্র নং 56

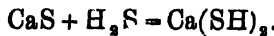
হয়। এই উচ্চ চাপের বায়ু গলিত সলফারের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে পরিচালিত হয় এবং সলফারকে ফেনায়িত করে। মধ্যবর্তী তৃতীয় নলটি দিয়া এই সলফার-ফেনা উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের পিপায় গলিত সলফারকে ধরিয়া শীতল করা হয় এবং জল উপিয়া যাওয়ার পর কঠিন সলফার পাওয়া যায়। এই সলফারের বিশুদ্ধতা শতকরা প্রায় 96·5 ভাগ। কাজেই এই একই পদ্ধতিতে সলফারের নিষ্কাশন ও বিশুদ্ধীকরণ উভয় প্রক্রিয়াই নিষ্পন্ন হয়।

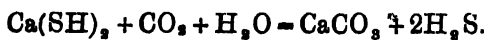
(৩) **উপজাত সলফার ঃ**

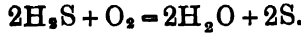
(ক) লে ব্ল্যাঙ্ক (Le blanc) পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন সময়ে লৌহনির্মিত চৌবাচ্চায় জলের সাহায্যে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করিবার পর ক্ষারীয় অবশেষ (alkali water) হিসাবে ক্যালসিয়াম সলফাইড (CaS) অদ্রাব্য পদার্থরূপে পড়িয়া থাকে। যদিও পরীক্ষাগারে প্রস্তুত ক্যালসিয়াম সলফাইড জলে দ্রবণীয়, কিন্তু এখানে চুল্লীর উত্তাপে উৎপন্ন বলিয়া ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না।

এই ক্যালসিয়াম সলফাইডকে লৌহের পাত্রে লইয়া জলের সহিত মেশানো হয় এবং এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া চুনের ভাঁটি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাস উৎপন্ন হয়।

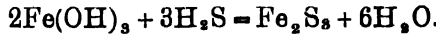
$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S.$$

এই উৎপন্ন H_2S এর সহিত অত্যধিক পরিমাণ নাইট্রোজেন (চুনের ভাঁটিতে যে বায়ুপ্রবাহ থাকে তাহা হইতে উৎপন্ন) মিশ্রিত থাকে। সেই কারণে এই উৎপন্ন H_2S অন্য একটি পাত্রে অবস্থিত জল এবং উক্ত ক্যালসিয়াম সলফাইডের মিশ্রণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে ক্যালসিয়াম হাইড্রো-সলফাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaS + H_2S = Ca(SH)_2.$$

পরে এই ক্যালসিয়াম হাইড্রো-সলফাইডের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে পূর্বের H_2Sএর দ্বিগুণ H_2S থাকে।

$$Ca(SH)_2 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + 2H_2S.$$

এইবারে উৎপন্ন H_2S-কে স্বল্প বায়ুতে পোড়াইলে সলফার পাওয়া যায়।

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S.$$

যেহেতু লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন প্রায় অপ্রচলিত হইয়া আসিয়াছে সেই কারণে বর্তমানে এই পদ্ধতিতে সলফার উপজাত হিসাবে উৎপাদনও অপ্রচলিত।

(খ) কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের (Destructive distillation) দ্বারা উৎপন্ন কোল-গ্যাসে কার্বন ডাই-সলফাইডের বাষ্প এবং হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস মিশিয়া থাকে। সূক্ষ্ম নিকেলের গুঁড়ার উপর দিয়া কোল-গ্যাস অতিক্রম করাইলে কোল-গ্যাসের হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-সলফাইড হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপন্ন হয়। তখন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া কোল-গ্যাস পরিচালিত করিলে উক্ত আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড হাইড্রোজেন সলফাইড শোষণ করিয়া ফেরিক সলফাইডে পরিবর্তিত হয়।

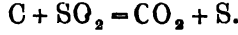
$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O.$$

যখন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের H_2Sকে শোষণ করিবার ক্ষমতা চলিয়া যায়, তখন যে ফেরিক সলফাইড উৎপন্ন হইয়াছে তাহাকে বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে উহা পুনরায় আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সলফার উৎপাদিত হইয়া উহার সহিত মিশিয়া থাকে।

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S.$$

এই উৎপন্ন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এইভাবে যতক্ষণ পর্যন্ত না আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের H_2Sকে শোষণ করিবার ক্ষমতা একেবারে নিঃশেষিত হইয়া যায় ততক্ষণ তাহাকে ব্যবহার করা হয়। নিঃশেষিত আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডে (Spent oxide of iron) শতকরা 50 ভাগ সলফার Fe_2S_3 হিসাবে থাকে। ইহাকে বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া মৌল সলফার উৎপাদন করা হয়। কোন কোন সময় ইহা হইতে সলফার সংগ্রহ করা হয়, আবার অন্য সময় ইহাকে বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করা হয় এবং সেই সলফার ডাই-অক্সাইড হইতে সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়।

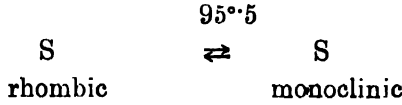
(গ) কপার, জিঙ্ক, লেড প্রভৃতি ধাতু তাহাদের সলফাইডরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এই সকল খনিজ সলফাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনের সময় অনেক

সলফার ডাই-অক্সাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস শ্বেততপ্ত কোকের (Coke) উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে সলফারের বাষ্প উৎপন্ন হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশিয়া থাকে। উক্ত বাষ্পকে শীতল করিলেই কঠিন সলফার পাওয়া যায়।

$$C + SO_2 = CO_2 + S.$$

সলফারের রূপভেদ ঃ—

কার্বন এবং ফস্‌ফোরাসের ন্যায় সলফারও একটি বহুরূপী মৌল। সলফারের দুইটি স্ফটিকাকার এবং দুইটি অনিয়তাকার রূপ আছে। স্ফটিকাকার রূপ দুইটি (i) **রম্বিক (Rhombic)** এবং (ii) মনোক্লিনিক (Monoclinic) বা প্রিস্‌ম্যাটিক (Prismatic)। অনিয়তাকার রূপ দুইটি (iii) প্লাষ্টিক (Plastic) এবং (iv) দুগ্ধশ্বেত সলফার (milk of sulphur)। ইহা ছাড়াও কলয়েডাল সলফারকে (Colloidal sulphur) সলফারের একটি অনিয়তাকার রূপ হিসাবে ধরা হয়। এই সকল বিভিন্নরূপী সলফারের রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য বিশেষ নাই, তবে উহাদের অবস্থাগত ধর্মের ভিতর যথেষ্ট বিভেদ দেখা যায়। (i) রম্বিক সলফার প্রস্তুত করার প্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে এবং সেখানে ছবিতে ইহার রূপও প্রদর্শিত হইয়াছে (২৯৭ পৃঃ দেখ)। ইহার স্ফটিকে আটটি পৃষ্ঠতল আছে। সেইজন্য ইহাকে অষ্টতলা (Octahedral) সলফারও বলা হয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·05। ইহাকে খুব তাড়াতাড়ি উত্তপ্ত করিলে ইহা 112·8° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া যায়। কিন্তু ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ইহা 95°·5 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মনোক্লিনিক সলফারে পরিণত হয় এবং তখন 119°·5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া থাকে। ইহা কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রবীভূত হয়। (ii) মনোক্লিনিক বা প্রিসম্যাটিক সলফার প্রস্তুত করিতে হইলে রম্বিক সলফার গুঁড়া করিয়া একটি পোর্সিলেনের মুচিতে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং ধীরে ধীরে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া ইহাকে একটি হলুদবর্ণের তরল পদার্থে পরিণত করা হয়। এই গলিত সলফারকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার উপর একটি সর জমা হয়। এই অবস্থায় একটি সূচ দিয়া সরের উপর ছিদ্র করিয়া নিম্নস্থ অবশিষ্ট তরল সলফার ঢালিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে মুচির গায়ে সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ স্ফটিকাকার সলফার লাগিয়া আছে। ইহাই মনোক্লিনিক সলফার। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·93। ইহা 119°·5তে গলিয়া যায়। মনোক্লিনিক সলফারও কার্বন ডাই-সলফাইডে

দ্রবীভূত হয়। 95°·5 সেন্টিগ্রেডের নিম্ন উষ্ণতায় ইহা রম্বিক সলফারে রূপান্তরিত হয়। এইজন্য 95°·5 হইতে 119°·5 পর্যন্ত মনোক্লিনিক সলফারের অস্তিত্ব। 95°·5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে সলফারের পরিবর্তাঙ্ক (Transition temperature) বলে, কারণ রম্বিক সলফারকে 95°·5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর উত্তপ্ত করিলে উহা মনোক্লিনিক সলফারে পরিবর্তিত হয় এবং মনোক্লিনিক সলফারকে 95°·5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে ঠাণ্ডা করিলেই উহা রম্বিক সলফারে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{rhombic}}{S} \underset{}{\overset{95^\circ\cdot5}{\rightleftarrows}} \underset{\text{monoclinic}}{S}$$

(iii) প্লাষ্টিক সলফার প্রস্তুত করিতে হইলে একটি শক্ত কাচনলে (Hard glass test tube) কিছু সলফারের গুঁড়া লইয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে 119°·5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহা গলিয়া ঈষৎ হরিদ্রাবর্ণের তরলে পরিণত হয়। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার রং গাঢ় হইতে থাকে। ক্রমশঃ 180° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলভাব কাটিয়া গিয়া গাঢ়ত্ব আসে এবং 230° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গাঢ়ত্ব আরও বাড়িয়া যায় এবং পদার্থটি প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে এই অবস্থায় কাচনলটি উপুড় করিয়া দিলেও সলফার সহজে গড়াইয়া পড়ে না। আরও উত্তপ্ত করিলে গাঢ়ত্ব কমিয়া যায় এবং রং একই থাকিলেও সলফার তরল অবস্থায় আসে। পরে 444° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরল সলফার ফুটিতে আরম্ভ করে এবং লাল রংএর সলফার-বাষ্প উৎপন্ন হয়। শক্ত কাচনলে অবস্থিত সলফারকে প্রায় স্ফুটনাঙ্ক (444° সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ফুটন্ত তরল সলফারকে একটি বীকারে ঠাণ্ডা জল লইয়া তাহার ভিতর স্থতার আকারে ঢালিয়া দেওয়া হয়। তখন রবারের মত নমনীয় প্লাষ্টিক সলফার পাওয়া যায়। সলফারের এই রূপ নরম এবং রবারের মত স্থিতিস্থাপক। ইহার রং ছাই-এর মত। ইহাকে টানিয়া লম্বা স্থতার আকারে পরিবর্তিত করা যায় বা আঙ্গুলের সাহায্যে যে-কোন ভাবে বাঁকানো যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·95। ইহা জলে এবং কার্বন ডাই-সলফাইডে অদ্রাব্য। রাখিয়া দিলে সাধারণ উষ্ণতায় ইহা ধীরে ধীরে শক্ত হইয়া যায় এবং ক্রমশঃ রম্বিক সলফারে পরিবর্তিত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ তরল সলফার λ-সলফার এবং μ-সলফার নামক সলফারের দুইটি বিভিন্ন রূপের মিশ্রণ। সলফারের এই দুইটি রূপ পূর্বে বর্ণিত রূপগুলি হইতে পৃথক।

(iv) দুগ্ধশ্বেত সলফার প্রস্তুত করিতে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়। সলফারের গুঁড়াকে চুনগোলার (milk of lime) সহিত ফোটান হয়। তাহাতে ক্যালসিয়াম পেণ্টাসলফাইড (Calcium pentasulphide, CaS_5) এবং ক্যালসিয়াম থায়োসলফেট উৎপন্ন হয়।

$$3Ca(OH)_2 + 12S = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O.$$

মিশ্রণটি থিতাইতে দেওয়া হয়। থিতাইলে উপর হইতে পরিষ্কার লালচে-বাদামী রংএর দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয়। পরে উক্ত দ্রবণে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সূক্ষ্ম দুগ্ধশ্বেত সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

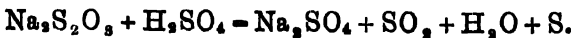
$$CaS_5 + 2HCl = CaCl_2 + H_2S + 4S.$$

ইহার বর্ণ দুগ্ধধবল। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·82। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহা হলুদবর্ণের রম্বিক গন্ধকে পরিণত হয়। ইহা ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

আর-এক প্রকার সাদা সলফার গন্ধক-রজকে (flowers of sulphur) কার্বন ডাই-সলফাইডে দ্রবীভূত করিবার সময় যেটুকু অংশ অদ্রাব্য থাকে তাহাই।

(v) কলয়েডাল (Colloidal) সলফার পাইতে হইলে রম্বিক সলফারকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণকে অতিরিক্ত ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া হয়। জলের দুধের মত ঘোলাটে সাদা রং হয় এবং তাহাতে সলফারের অতি সূক্ষ্ম গুঁড়া ভাসমান অবস্থায় থাকে। এই অবস্থায় সলফারের কণাগুলি এত ছোট যে ফিলটার কাগজের সাহায্যে উহাদের ছাঁকিয়া লওয়া যায় না। ঠাণ্ডা জলে সলফার ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইয়া সলফার ডাই-অক্সাইডের সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে কলয়েডাল সলফার পাওয়া যায়। $SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S.$

আবার সোডিয়াম থায়োসলফেটের পাতলা দ্রবণে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া দ্রবণকে আম্লিক অবস্থায় আনিলেও কলয়েডাল সলফার উৎপন্ন হয়।

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O + S.$$

সলফারের যত প্রকার রূপ আছে তাহাতে একই মৌল সলফার বিদ্যমান থাকে এবং অন্য কিছু তাহার সহিত মিশিয়া থাকে না। ইহা প্রমাণ করিতে হইলে নির্দিষ্ট পরিমাণ (যেমন একগ্রাম পরিমাণ) যে-কোন রূপের সলফার ঘন

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। সমস্ত সলফার যখন অন্তর্হিত হয় তখন দ্রবণে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

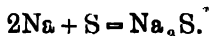
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O.$$

এই উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিডে যথেষ্ট পরিমাণ বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিয়া সামান্য গরম করা হয়। তাহাতে বেরিয়াম সলফেট ($BaSO_4$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই বেরিয়াম সলফেটকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া জল দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ধৌত করা হয়। পরে ষ্টীম-প্রকোষ্ঠে শুষ্ক করিয়া পূর্বে ওজন-করা পোর্সিলেন মুচিতে লইয়া পোড়াইয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং যখন ওজন স্থিরাঙ্কে আসে তখন মুচির ওজন ও ফিলটার কাগজের ছাইএর ওজন বাদ দিয়া বেরিয়াম সলফেটের ওজন স্থির করা হয়। দেখিতে পাওয়া যায় যে, সলফারের প্রত্যেক রূপের 1 গ্রাম লইয়া পরীক্ষা করিলে প্রত্যেক বারেই 7·28 গ্রাম বেরিয়াম সলফেট পাওয়া যায়।

সলফারের সাধারণ-ধর্ম ঃ সাধারণতঃ যে সলফার বাজারে পাওয়া যায় তাহার বর্ণ ফিকে হলদে, তাহা ভঙ্গুর এবং স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা অস্বচ্ছ দেখায়, কিন্তু বিশুদ্ধ রম্বিক সলফার স্বচ্ছ। সলফার জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ইহা কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল, বেনজিন ও তার্পিন তৈলে দ্রাব্য। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়। একটুকরা সলফার হাতের মুঠার ভিতর ধরিয়া রাখিলে, হাতের তাপে তাহা গুঁড়া হইয়া যায়। ইহার কারণ এই যে হাতের তাপে সলফারের টুকরার বিভিন্ন দিকে বিভিন্ন পরিমাণে প্রসার দেখা দেয় এবং তাহার ফলে টুকরাটি ভাঙ্গিয়া যায়। উত্তাপ প্রয়োগ করিলে 113° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার গলিয়া যায় এবং ফিকে হলুদ রংএর পরিষ্কার তরলে পরিণত হয়। তাপমাত্রা বাড়াইলে তরল সলফার ঘন হয় এবং তাহার বর্ণ গাঢ় হয়। 230° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা প্রায় কঠিন ও কালো রংএর হয় এবং তাহারও পর উষ্ণতা বাড়াইলে ইহা প্রবহমান (mobile) তরলে পরিণত হয় এবং 444° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলটি ফুটিতে আরম্ভ করে এবং লালচে-বাদামী রংএর বাষ্প উদ্ভূত হয়। বাষ্পকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উল্লিখিত পরিবর্তনগুলি বিপরীত দিকে ঘটিয়া থাকে।

সলফার বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে নীলশিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে। তখন গন্ধক পোড়ার

গন্ধ পাওয়া যায়। $S + O_2 = SO_2$। অধিকাংশ ধাতুর সহিত (যেমন, কপার; সিলভার; মার্কারী; জিঙ্ক) সলফার উত্তপ্ত অবস্থায় সংযুক্ত হইয়া ধাতব সলফাইড উৎপন্ন করে। $Cu + S = CuS$; $Zn + S = ZnS$; $Fe + S = FeS$.
সলফারের বাষ্পের ভিতর অতিশয় সরু তামার পাত নামাইয়া দিলে তামার পাত প্রদীপ্ত শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং কপার সলফাইড গঠন করে। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর সহিত সলফার মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগ করিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সলফাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na + S = Na_2S.$$

তাপের সাহায্যে ইহা অধাতব মৌল, যথা, হাইড্রোজেন, কার্বন, হ্যালোজেন মৌল, ফস্‌ফোরাস্ প্রভৃতির সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হয়। গলিত সলফারের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে হাইড্রোজেন সলফাইডের গন্ধ পাওয়া যায়। $H_2 + S = H_2S$; $C + 2S = CS_2$ (লোহিত তাপে)

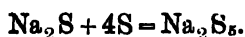
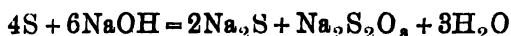
$$2S + Cl_2 = S_2Cl_2.$$

পাতলা হাইড্র্যাসিড বা অক্সি-অ্যাসিড দ্বারা সলফার আক্রান্ত হয় না। কিন্তু গাঢ় অক্সি-অ্যাসিড-সহযোগে সলফার উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া থাকে। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে সলফার জারিত হইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড দেয়। $S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$.

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড-সহযোগে ফুটাইলে সলফার হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$.

সলফারের সহিত ক্ষারকের দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে সলফার দ্রবীভূত হইয়া লাল্‌চে হলুদবর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং সেই দ্রবণে সলফাইড এবং থায়োসলফেট থাকে। সলফারের পরিমাণ বেশী থাকিলে তাহা সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পলিসলফাইড (polysulphide) উৎপন্ন করে।

$$4S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

$$Na_2S + 4S = Na_2S_5.$$

সলফারের ব্যবহার: সলফার পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। এই সলফার ডাই-অক্সাইড ক্যালসিয়াম বাই-সলফাইট্ [$Ca(HSO_3)_2$; যাহা কাগজের মণ্ড তৈয়ারীতে প্রচুর ব্যবহৃত হয়] এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। কিছুটা উৎপাদিত সলফার

ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জক হিসাবে এবং রোগীর ঘরের বীজাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কার্বন ডাই-সলফাইড, বারুদ, দিয়াশলাই, বাজি এবং রং প্রস্তুতে সলফার ব্যবহৃত হয়। সলফার হইতে থায়োসলফেট (ফটোগ্রাফীর জন্য) এবং সলফার মনোক্লোরাইড (S_2Cl_2, দ্রাবক) প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। শস্যক্ষেত্রে কীটনাশক হিসাবেও সলফারের ব্যবহার দেখা যায়। বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতের জন্য এবং মলমে সলফার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সলফার যোগ করিয়া রবারকে শক্ত (vulcanise) করিতে বেশ কিছু সলফার ব্যবহার করা হয়।

Questions

1. How does sulphur occur in nature ? Name some of the natural compounds of sulphur and give their formulae. Describe briefly the method of preparing roll sulphur from natural sulphur.

১। সলফার প্রকৃতিতে কিভাবে পাওয়া যায় ? সলফারের কয়েকটি প্রাকৃতিক যৌগের নাম কর এবং তাহাদের সংকেত লিখ। সংক্ষেপে প্রাকৃতিক সলফার হইতে বাতি-গন্ধক প্রস্তুতের প্রণালী বর্ণনা কর।

2. Describe "Frasch process" for getting sulphur from underground sources. Discuss, with equations, the principal properties of sulphur. State what you know about uses of sulphur.

২। "ফ্রাস পদ্ধতি"তে খনি হইতে সলফারের পণ্য-উৎপাদন বর্ণনা কর। সলফারের প্রধান ধর্মগুলি সংক্ষেপে সমীকরণ-সহকারে আলোচনা কর। সলফারের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

3. What is "by-product snlphur" ? Write what you know about the sources and methods of production of by-product sulphur.

৩। "উপজাত সলফার" কাহাকে বলে ? উপজাত সলফার কোন্ কোন্ দ্রব্যের পণ্য-উৎপাদন হইতে পাওয়া যায় সে সম্বন্ধে যাহা জানা আছে তাহা লিখ।

4. Describe the allotropic modifications of sulphur. How can (a) rhombic sulphur, (b) monoclinic sulphur, (c) plastic sulphur, (d) flowers of sulphur and (e) milk of sulphur prepared ?

৪। সলফারের রূপভেদের বর্ণনা দাও। কিভাবে (ক) রম্বিক সলফার, (খ) মনোক্লিনিক সলফার, (গ) প্লাষ্টিক সলফার, (ঘ) ফ্লাওয়ারস্ অফ সলফার এবং (ঙ) মিল্ক অফ সলফার প্রস্তুত করা হয় ?

5. Under what conditions does sulphur react with (a) caustic soda, (b) iron, (c) coke, (d) chlorine and (e) concentrated sulphuric

acid ? Name the products obtained in each case and explain the reactions with equations.

৫। কোন্ অবস্থায় সলফারের (ক) কষ্টিক সোডা, (খ) আয়রণ, (গ) কোক, (ঘ) ক্লোরিণ এবং (ঙ) ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ? প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন দ্রব্যগুলির নাম বল এবং সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াটি বুঝাইয়া দাও।

অষ্টবিংশ অধ্যায়

সলফার ডাই-অক্সাইড

সংকেত, SO_2 আণবিক ওজন, 64 বাষ্পীয় ঘনত্ব, 32

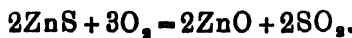
অবস্থান ঃ আগ্নেয়গিরি হইতে বহিরাগত গ্যাসে সলফার ডাই-অক্সাইড থাকে। সহরের বায়ুতে সলফার ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব দেখা যায়, কারণ সেখানে কয়লা জ্বালানি হিসাবে পোড়ানো হয় এবং কয়লায় সলফার থাকে ; তাই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত সলফার ডাই-অক্সাইডও উৎপন্ন হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়।

প্রস্তুতি ঃ (১) সলফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে উহা জারিত হইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে। $S + O_2 = SO_2$.

এইখানে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে (synthesis) সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদিত হইতেছে।

(২) বায়ুতে বিভিন্ন ধাতব সলফাইড (যাহার অধিকাংশই আকরিক হিসাবে পাওয়া যায়) পোড়াইয়াও সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। আয়রণ পাইরাইটিস্ একটি ধাতব সলফাইড আকরিক এবং তাহা বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$.

জিঙ্ক ব্লেণ্ড জিঙ্কের সলফাইড আকরিক এবং ধাতব জিঙ্ক নিষ্কাশনের সময় জিঙ্ক ব্লেণ্ড বায়ুতে পোড়াইলে সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2.$$

(৩) ধাতব সলফাইট বা বাই-সলফাইট হইতে সহজেই সলফার ডাই-অক্সাইড

প্রস্তুত করা যায়। একটি ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগানো হয় এবং তাহার ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং একটি নির্গমনল সমকোণে বাঁকাইয়া লাগানো হয়। এই নির্গমনলের সহিত একটি সমকোণে বাঁকানো লম্বা কাচনল রবারের সাহায্যে লাগানো হয়। ফ্লাস্কের ভিতর যে-কোন ধাতুর সলফাইট বা বাই-সলফাইট রাখিয়া দীর্ঘনল ফানেলের সাহায্যে তাহার উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অ্যাসিডের সহিত সংস্পর্শে আসা মাত্র সাধারণ উষ্ণতায় সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে। গ্যাস-জারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$$

ক্যালসিয়াম সলফাইট

$$Ca(HSO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O + 2SO_2.$$

ক্যালসিয়াম বাই-সলফাইট

(4) **পরীক্ষাগার প্রণালী: সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে:** ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কপার, মার্কারী, সিলভার, কার্বন অথবা সলফার উত্তপ্ত করিলে সলফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণ সংঘটিত হওয়ার ফলে সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। প্রিষ্টলী (Priestley) প্রথমে এই গ্যাস মার্কারীর সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া প্রাপ্ত হন।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

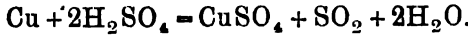
$$C + 2H_2SO_4 = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O.$$

কিন্তু পরীক্ষাগারে সাধারণত: কপারের ছিবড়ার (Copper turnings) সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

একটি গোলতল (round-bottomed) ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের মধ্য দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং দুই বার সমকোণে বাঁকান নির্গমনল লাগানো হয়। নির্গমনলের শেষের অংশ বেশ দীর্ঘ রাখা হয়, যাহাতে তাহা একটি গ্যাস-জারের তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছিতে পারে। ফ্লাস্কের ভিতর বেশ [illegible] তামার ছিবড়া লওয়া হয় এবং দীর্ঘনল ফানেল দিয়া গাঢ় [illegible]রিক অ্যাসিড এরূপ

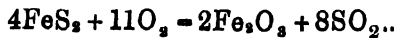
পরিমাণে ঢালা হয় যাহাতে কপারের ছিবড়া এবং দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্কটিকে আংটার সাহায্যে লৌহদণ্ডে আটকানো হয় এবং সেই অবস্থায় তার-জালির উপর বসানো হয়। তাহার পর বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। যেই সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ হয় সেই বুনসেন দীপ সরাইয়া লওয়া হয়। উদ্ভূত সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O.$$

বিক্রিয়ায় জাত জল ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হয়। তাই সম্পূর্ণ শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ সলফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে গ্যাসটিকে একটি গ্যাস-ধৌত বোতলে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয় এবং বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ ফ্লাস্কের ভিতর উপজাত হিসাবে কপার সলফেট উৎপন্ন হয়। কিন্তু কিছু কপার সলফাইড উৎপন্ন হওয়ার ফলে কপার সলফেটের নীলবর্ণ দেখা না গিয়া অবশিষ্ট কপারের রং কালো দেখায়। আবার SO_2-এর সহিত সামান্য সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ায় গ্যাসটি ফ্লাস্কের ভিতর এবং জারে সংগ্রহ করার পর ধোঁয়াটে দেখায়।

পণ্য-উৎপাদন ঃ (i) সলফারকে বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইডের পণ্য-উৎপাদন সম্পাদিত হয় এবং এইভাবে উৎপন্ন সলফার ডাই-অক্সাইড সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় উদ্ভূত সলফার ডাই-অক্সাইডকে স্তম্ভের মধ্যে ঠাণ্ডা জল চালনা করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়। অন্য অদ্রাব্য গ্যাস যাহা SO_2-এর সহিত মিশিয়া থাকে (যথা নাইট্রোজেন, সামান্য অক্সিজেন ও বায়ুস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ) তাহা চলিয়া যায়। অন্য একটি পাত্রে সলফার ডাই-অক্সাইডের দ্রবণ লইয়া ফুটানো হয়। উদ্ভূত SO_2কে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় উচ্চ চাপে তরল করিয়া চোঙে ভর্তি করিয়া বাজারে পাঠানো হয়।

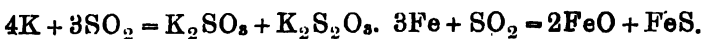
(ii) আয়রণ পাইরাইটস্‌কে (FeS_2) বায়ুতে ভর্জিত (roasted) করিয়াও সলফার ডাই-অক্সাইডের পণ্য-উৎপাদন সাধিত হয়।

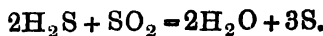
$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2.$$

সল[illegible] ডাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ সলফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার গন্ধ [illegible] পোড়ানর গন্ধের মত ঝাঁঝালো এবং শ্বাসরোধী, কিন্তু

ইহার কোন বিষক্রিয়া নাই। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 32 এবং বায়ু অপেক্ষা ইহা অনেক বেশী ভারী। ইহা জলে খুব দ্রাব্য। অ্যামোনিয়ার ভিতর বর্ণিত উপায়ে (৩৩ পৃঃ দেখ) ফ্লাস্কে সলফার ডাই-অক্সাইড ভর্তি করিয়া এবং গ্যাস-দ্রোণীতে নীল লিটমাসের দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর ফ্লাস্কের মুখে লাগানো নলটি ডুবাইয়া ক্লিপ খুলিয়া দিলে এবং ফ্লাস্কের মাথায় এই অবস্থায় ঈথার ঢালিলে নীল লিটমাসের দ্রবণ কাচের নল বহিয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং যেমন ফ্লাস্কের ভিতরে অবস্থিত নলের মুখের নিকট আসে তখন উহা সমস্ত সলফার ডাই-অক্সাইড একসঙ্গে দ্রবীভূত করে। তাহার ফলে জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর যাইয়া পড়ে এবং নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। ইহাতে গ্যাসটির দ্রবণের অ্যাসিড-ভাব বেশ বুঝা যায়।

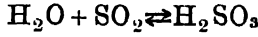
এই গ্যাসটিকে সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় উচ্চ চাপ প্রয়োগ দ্বারা অথবা হিম-মিশ্রে (freezing mixture, বরফ ও লবণের মিশ্রণ) শীতল করিয়া বর্ণহীন তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। এই তরল সলফার ডাই-অক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক—-10° সেন্টিগ্রেড। তরল সলফার ডাই-অক্সাইড দ্রাবক হিসাবে কাজ করে এবং ইহাতে অনেক মৌলিক পদার্থ এবং কোন কোন লবণ দ্রবীভূত হয়।

সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে ইহা দহনের সহায়কও নয়। একটি জ্বলন্ত বাতি বা হাইড্রোজেনের জ্বলন্ত শিখা এই গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলে নিভিয়া যায় এবং গ্যাসেও আগুন ধরে না। কিন্তু জ্বলন্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম এবং অতি-উত্তপ্ত আয়রণ বা টিন গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিলে উহারা জ্বলিতে থাকে। অধিক তাপে সলফার ডাই-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং এই অক্সিজেন ধাতুগুলির দহনে সহায়তা করে। সুতরাং সলফার ডাই-অক্সাইড পরোক্ষভাবে জারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3. \quad 3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS.$$

এই জারকগুণ ইহার হাইড্রোজেন সলফাইডের সহিত বিক্রিয়াতেও দেখা যায়। হাইড্রোজেন সলফাইড সলফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া সলফার উৎপাদন করে।

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S.$$

এই বিক্রিয়ায় সলফার ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া সলফার দিয়া থাকে।

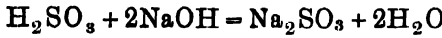
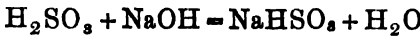
সলফার ডাই-অক্সাইডের জলের দ্রবণ অ্যাসিডগুণসম্পন্ন। ইহা পূর্বেই ফোয়ারা পরীক্ষায় দেখানো হইয়াছে। জলের দ্রবণে একটি অস্থায়ী অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; তাহার নাম সলফিউরাস অ্যাসিড; এই জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে সমস্ত SO_2 গ্যাস উপিয়া যায় এবং কেবল মাত্র জল পড়িয়া থাকে।

$$H_2O + SO_2 \rightleftharpoons H_2SO_3$$

এই জলের দ্রবণকে একটি দুইমুখ-বন্ধ কাচের নলে লইয়া 150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সলফার উৎপন্ন হয় এবং তজ্জন্য দ্রবণটি ঘোলাটে হয়। এই অ্যাসিডটি দুঃস্থিত হইলেও ইহার লবণগুলি সমস্তই সুস্থিত এবং কঠিন স্ফটিকাকারে প্রস্তুত করা যায়।

সলফিউরাস অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারীয় (di-basic)। ইহার অণুতে অবস্থিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একত্রে বা একে একে ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। তাই এই অ্যাসিড হইতে দুই জাতীয় লবণ পাওয়া যায়; দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপন করিলে প্রশম লবণ (normal salt) এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করিলে অ্যাসিড লবণ (acid salt) অথবা বাই-লবণ (bi-salt) পাওয়া যায়।

$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

সোডিয়াম সলফাইট্ (প্রশম-লবণ)

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O$$

সোডিয়াম বাই-সলফাইট্ অথবা
অ্যাসিড-সলফাইট্ (অ্যাসিড-লবণ বা বাই-লবণ)

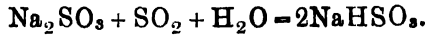
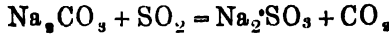
সাধারণ উষ্ণতায় কষ্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর দিয়া অধিক পরিমাণে সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে (যতক্ষণ না দ্রবণ হইতে সলফার ডাই-অক্সাইডের গন্ধ পাওয়া যায়) দ্রবণে সোডিয়াম বাই-সলফাইট্ উৎপন্ন হয়। $NaOH + SO_2 + H_2O = NaHSO_3 + H_2O$.

এই দ্রবণকে কেলাসিত করিতে চেষ্টা করিলে সোডিয়াম বাই-সলফাইট্ কেলাসিত না হইয়া সোডিয়াম মেটা বাই-সলফাইট্ ($Na_2S_2O_5$) কেলাসিত হয়।

$$2NaHSO_3 = Na_2S_2O_5 + H_2O.$$

সোডিয়াম মেটা বাই-সলফাইট্ ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম

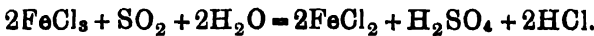
কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে প্রথমে সোডিয়াম সলফাইট্ উৎপন্ন হয় এবং পরে অধিক পরিমাণে SO_2 চালনা করিলে দ্রবণে সোডিয়াম বাই-সলফাইট্ উৎপন্ন হয়।

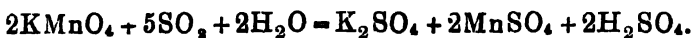
$$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$$
$$Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3.$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের [চুনগোলা (milk of lime) অথবা চুনের জলের (lime-water)] ভিতর দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফাইট্ উৎপন্ন হয়, পরে অধিক সলফার ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-সলফাইট্ উৎপন্ন হয়। প্লাটিনাম অথবা নাইট্রিক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে সলফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সলফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$. প্লাটিনাম অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হইলে 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণভাবে ঘটিয়া থাকে।

ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলেও সলফার ডাই-অক্সাইড সলফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $3SO_2 + O_3 = 3SO_3$.

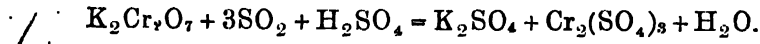
এই বিক্রিয়াটিতে ওজোন সম্পূর্ণরূপে ব্যয়িত হয় এবং কোনও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় না।

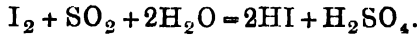
সলফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্ষমতা অপেক্ষা বিজারণ ক্ষমতা বেশী এবং বেশীর ভাগ বিক্রিয়াতেই ইহা বিজারকভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহাকে ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদবর্ণের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl.$$

সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বেগুণী রং-এর পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানস্ লবণ উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4.$$

কমলালেবু রংএর সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের

ভিতর দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে ডাইক্রোমেট বিজারিত হইয়া ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণের বর্ণ সবুজ হইয়া যায়।

$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O.$$

এই সমস্ত বিজারণক্রিয়ায় সলফার ডাই-অক্সাইড সর্বদাই সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। হ্যালোজেন মৌলগুলির সহিতও ইহা বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। $Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4.$

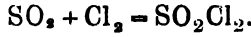
$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4.$$

প্রথমোক্ত ক্রিয়া ঘটাইতে সমর্থ বলিয়া সলফার ডাই-অক্সাইডকে ক্লোরিণ-সংহারক (antichlor) বলে।

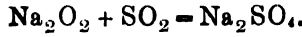
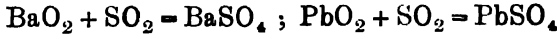
সলফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন গুণ আছে এবং জলের উপস্থিতিতে ইহা জৈব জাতীয় রঙ্গীন পদার্থের রং নষ্ট করিয়া থাকে। একটি লালফুল জলে ভিজাইয়া সলফার ডাই-অক্সাইপূর্ণ গ্যাস-জারে ফেলিয়া দিলে উহার রং চলিয়া যায় এবং উহা সাদা হইয়া যায়। কিন্তু শুষ্ক লাল ফুল গ্যাসের ভিতর দিলে তাহার রং নষ্ট হয় না। এক টুকরা কাপড় ম্যাজেণ্টার দ্রবণে ডুবাইয়া (লাল রং ধরিলে) উহাকে সলফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জারে ছাড়িয়া দেওয়া হইলে উহার লাল রং নষ্ট হইয়া যায়। কাপড় বিরঞ্জিত হইয়া উহার সাদা রং ফিরিয়া আসে।

ক্লোরিণ এবং সলফার ডাই-অক্সাইড দুইটি গ্যাসই বিরঞ্জক গুণবিশিষ্ট, কিন্তু দুইটি বিরঞ্জনক্রিয়ার ভিতর একবিষয়ে সমতা দেখা গেলেও অন্য সকল বিষয়ে পার্থক্য দেখা যায়। সমতা হইল এই যে, উভয়েই জলের উপস্থিতি ভিন্ন বিরঞ্জন প্রক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। কিন্তু এই জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিণ জায়মান (nascent) অক্সিজেনের সাহায্যে রংকে জারণক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন করে: $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$; কিন্তু সলফার ডাই-অক্সাইড জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ ঘটাইয়া রংকে বিরঞ্জন করে: $SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H$ । সময় সময় রং-এর সহিত সরাসরি SO_2 যুক্ত হইয়া বর্ণহীন যৌগ উৎপাদন করে। আবার ক্লোরিণ দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্যের বর্ণ কোনপ্রকারেই আর ফিরাইযা আনা যায় না। কিন্তু সলফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্যের বর্ণ সময় সময় ফিরাইয়া আনা যায়। সলফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্যকে বাতাসে রাখিয়া দিলে অথবা অতি পাতলা অ্যাসিডে ডুবাইলে তাহার পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া

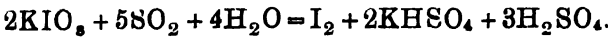
আসে। এই কারণে সলফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত স্পঞ্জ এবং ফ্লানেলের বর্ণ অনেক সময় ফিরিয়া আসিতে দেখা যায়। আরও উল্লেখযোগ্য এই যে, সলফার ডাই-অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিণ বা বিরঞ্জকচূর্ণ (bleaching powder) সিল্ক, উল, স্পঞ্জ প্রভৃতির পক্ষে ক্ষতিকর এবং সেইজন্য তাহাদের বিরঞ্জন সলফার ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে সম্পাদিত হয়।

সলফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিণের বিক্রিয়া জলের উপস্থিতিতে যেভাবে সংঘটিত হয় তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। কিন্তু সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও ক্লোরিণ গ্যাস মিশাইয়া প্রখর সূর্যালোকে ধরিলে অথবা উক্ত মিশ্রণকে উত্তপ্ত কার্বনের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে সলফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2.$$

এইরূপে সলফার ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস-জারে উত্তপ্ত বেরিয়াম পার-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড অথবা সোডিয়াম পার-অক্সাইড উজ্জ্বলন-চামচে করিয়া নামাইয়া দিলে উহারা লোহিত-তপ্ত হইয়া উঠে এবং সরাসরি সলফার ডাই-অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া সলফেট্ গঠন করে।

$$BaO_2 + SO_2 = BaSO_4 \; ; \; PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$$
$$Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4.$$

সলফার ডাই-অক্সাইডের অভীক্ষণঃ সলফার ডাই-অক্সাইডকে গন্ধক পোড়ানোর গন্ধ, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণকে বর্ণহীন করার ক্ষমতা, এবং কমলা রং-এর পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সিক্ত ফিলটার কাগজকে সবুজবর্ণে পরিবর্তিত করার ক্ষমতা দ্বারা চেনা যায়। তাহার সহিত লাল রং-এর ম্যাজেণ্টা দ্রবণকে বিরঞ্জিত করার ক্ষমতাও দেখা হইয়া থাকে।

শ্বেতসার (starch) এবং পটাসিয়াম আয়োডেটের (KIO_3) দ্রবণে সিক্ত ব্লটিং কাগজ সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে ধরিলে ব্লটিং কাগজের রং নীল হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা সলফার ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি বিশেষভাবে প্রমাণিত হয়।

$$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = I_2 + 2KHSO_4 + 3H_2SO_4.$$

সলফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহারঃ সলফার ডাই-অক্সাইড নানাভাবে ব্যবহৃত হয়। মৃদু-বিরঞ্জকরূপে ইহা উল, সিল্ক, স্পঞ্জ এবং টুপিতে

ব্যবহৃত খড় সাদা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। চিনি উৎপাদনেও ইহা বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। চুনগোলার ভিতর অধিক পরিমাণে সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া ক্যালসিয়াম বাই-সলফাইট্ লবণ [$Ca(HSO_3)_2$] উৎপাদন করা হয়। এই লবণ প্রচুর পরিমাণে কাগজের মণ্ড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। রোগ-বীজাণু নাশ করিবার ক্ষমতা ইহাতে আছে বলিয়া বীজঘ্ন (disinfectant) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। ছোঁয়াচে রোগে (যথা, টাইফয়েড, বসন্ত প্রভৃতি) আক্রান্ত রোগীর ঘরের বীজাণুনাশ করিবার জন্য ঘরে গন্ধক পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। মাংস, সুরাঘটিত পদার্থ এবং ফল ইত্যাদি সংরক্ষণে কিছুটা সলফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। কিন্তু সর্বাপেক্ষা বেশী সলফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয় সলফিউরিক অ্যাসিড ও সলফাইট্ লবণ উৎপাদনে। আর সলফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার দেখা যায় অতিরিক্ত ক্লোরিণ দ্বারা বিরঞ্জিত বস্ত্র হইতে উদ্বৃত্ত ক্লোরিণ দূরীভূত করিতে (as an antichlor)। পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে সলফার ডাই-অক্সাইডকে সহজেই তরলে রূপান্তরিত করা যায় এবং সেই তরল সলফার ডাই-অক্সাইড হিমকক্ষে (refrigerator) হিমায়করূপে (as a refrigerating agent) এবং ঘরের বা রেলের কামরার বায়ুর শীততাপ-নিয়ন্ত্রণে (air-conditioning) ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কার্বনিক অ্যাসিড ও সলফিউরস অ্যাসিড এবং তাহাদের লবণঃ সলফার ডাই-অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডের মত জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। যেমন কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে কার্বনিক অ্যসিড (H_2CO_3) উৎপন্ন হয়, সেইরূপ সলফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে সলফিউরাস (H_2SO_3) অ্যাসিড গঠিত হয়। $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$; $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$. কার্বনিক অ্যাসিডের মত সলফিউরাস অ্যাসিডও একমাত্র জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায়। কার্বনিক অ্যাসিড এবং সলফিউরাস অ্যাসিড উভয়েই মৃদু অ্যাসিড (weak acid) এবং অস্থায়ী যৌগ ; ইহাদের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইলে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সলফার ডাই-অক্সাইড উপিয়া যায় এবং কেবলমাত্র জল পড়িয়া থাকে।

কার্বনিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন কার্বনেট (যথা, সোডিয়াম কার্বনেট্ Na_2CO_3) এবং বাই-কার্বনেট্ (যথা, সোডিয়াম বাই-কার্বনেট্, $NaHCO_3$)

লবণের ন্যায় সলফিউরাস অ্যাসিডও সলফাইট্ (যথা,—সোডিয়াম সলফাইট্, Na_2SO_3) এবং বাই-সলফাইট্ (যথা,—সোডিয়াম বাই-সলফাইট্, $NaHSO_3$) লবণ গঠন করে।

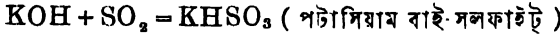
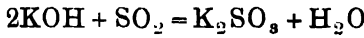
সলফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্ষারের বিক্রিয়া দ্বারা অথবা জলে দ্রবণীয় কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে সলফাইট্ এবং বাই-সলফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

$KOH + SO_2 = KHSO_3$ (পটাসিয়াম বাই-সলফাইট্)

কষ্টিক পটাস (ক্ষার)

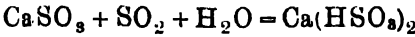
$$2KOH + SO_2 = K_2SO_3 + H_2O$$

পটাসিয়াম সলফাইট্

$Na_2CO_3 + SO_2 =$ $Na_2SO_3 + CO_2$

সোডিয়াম কার্বনেট — সোডিয়াম সলফাইট্ (জলে দ্রাব্য)

$Ca(OH)_2 + SO_2 =$ $CaSO_3 + H_2O$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) — ক্যালসিয়াম সলফাইট্ (জলে অদ্রাব্য)

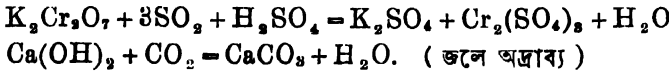
$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$

ক্যালসিয়াম বাই-সলফাইট্ (জলে দ্রাব্য)

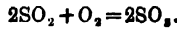
দ্রষ্টব্য ঃ অদ্রাব্য কার্বনেটের জলের সহিত মিশ্রণের ভিতর দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে প্রথমে জলে অদ্রাব্য সলফাইট্ উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে। কিন্তু অনেক বেশী পরিমাণে সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে জলে দ্রাব্য বাই-সলফাইট্ উৎপন্ন হইয়া দ্রবণে থাকে। যথা,—$MnCO_3 + SO_2 = MnSO_3 + CO_2$, (জলে অদ্রাব্য) কিন্তু বেশী SO_2 চালনা করিলে $MnSO_3 + SO_2 + H_2O = Mn(HSO_3)_2$ (জলে দ্রাব্য)।

সলফাইটের উপস্থিতিতে কার্বনেটের পরীক্ষা

সলফাইট্ এবং কার্বনেট উভয় প্রকার লবণেই পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে বুদ্বুদের আকারে যথাক্রমে সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হয়। গ্যাসে সলফার পোড়ানোর গন্ধ হইতে সলফার ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি সহজেই বুঝা যায়। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণ করিতে উৎপন্ন গ্যাস পরিষ্কার চুনের জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইতে হয়। চুনের জল ঘোলা হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি বুঝিতে পারা যায়। কিন্তু এখানে সলফার ডাই-অক্সাইড থাকায় এবং সলফার ডাই-অক্সাইডও পরিষ্কার

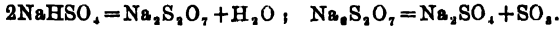
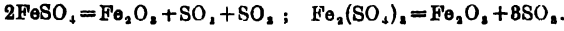
চুনের জলকে ঘোলা করায় [$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3$ (জলে অদ্রাব্য) + H_2O] কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণিত হয় না। তাই উৎপন্ন গ্যাসকে প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিড-যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পরে পরিষ্কার চুনের জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে যদি চুনের জল ঘোলা হয় তাহা হইলে গ্যাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের তথা মিশ্রিত লবণে কার্বনেটের উপস্থিতি সম্পূর্ণরূপে প্রমাণিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় সলফার ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্বারা জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং ডাই-ক্রোমেটের দ্রবণের ভিতর থাকিয়া যায়; আর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ডাই-ক্রোমেটের দ্রবণ দ্বারা জারিত না হওয়ায় বাহির হইয়া যায় এবং চুনের জলকে ঘোলা করে।

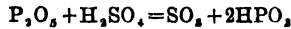
$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$ (জলে অদ্রাব্য)

দ্রষ্টব্য ঃ সলফারের অন্য একটি অক্সাইড হইল সলফার ট্রাই-অক্সাইড (Sulphur trioxide, SO_3)। ইহাই জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড দিয়া থাকে। সেইজন্য ইহাকে সলফিউরিক অ্যানহাইড্রাইড (Sulphuric anhydride) নামে অভিহিত করা হয়। সলফারকে বায়ুর সংস্পর্শে জ্বালাইলে সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, কিন্তু এইভাবে সলফার বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে পোড়াইয়া সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদন করা যায় না। একমাত্র সলফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সংযোগের ফলেই সলফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব।

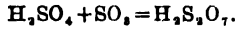
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3.$$

কিন্তু এই মিলনটি সাধারণ অবস্থায় এত ধীরে ধীরে সংঘটিত হয় যে, অনেক দিন অপেক্ষার পরও খুব সামান্যই সলফার ট্রাই-অক্সাইড এইভাবে পাওয়া যাইতে পারে। কিন্তু প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সম্পূর্ণভাবে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। অনুঘটক হিসাবে সময় সময় ভর্জিত (roasted) আয়রণ পাইরাইটিস (যাহাতে Fe_2O_3 এবং CuO থাকে) ব্যবহৃত হয়; তখন 650° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার প্রয়োজন হয় এবং মাত্র শতকরা 60 ভাগ সলফার ডাই-অক্সাইড সলফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বর্তমানে আমেরিকায় ভ্যানাডিয়ামের অক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হইতেছে এবং কলিকাতায় বেঙ্গল কেমিক্যাল এণ্ড ফার্মেসিউটিক্যাল ওয়ার্কসেও ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদন করিয়া উক্ত সলফার ট্রাই-অক্সাইড হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারি হইতেছে। এই প্রণালীতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতের পদ্ধতিকে **সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process)** বলে। ইহা পরে সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদন প্রসঙ্গে বিশদভাবে বর্ণিত হইয়াছে।

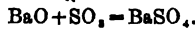
অন্য উপায়েও সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদন করা যায়। যেমন, ফেরাস সলফেট্, ফেরিক সলফেট্, সোডিয়াম বাই-সলফেট অথবা সোডিয়াম পাইরো সলফেট্ উত্তপ্ত করিলে সলফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া আসে।

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3 ; \quad Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3.$$

$$2NaHSO_4 = Na_2S_2O_7 + H_2O ; \quad Na_2S_2O_7 = Na_2SO_4 + SO_3.$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে ফসফোরাস পেন্ট-অক্সাইড যোগ করিয়া মিশ্রণকে ফুটাইলে অথবা ধূমায়মান (fuming) সলফিউরিক অ্যাসিডকে (যাহাকে Nordhausen Sulphuric acid বলা হয়, যেহেতু উহা প্রথম জার্মাণীর Nordhausen নামক স্থানে উৎপাদিত হয়) পাতিত করিলে সলফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$P_2O_5 + H_2SO_4 = SO_3 + 2HPO_3$$
$$H_2S_2O_7 \qquad = H_2SO_4 + SO_3.$$

যদিও উচ্চ উষ্ণতায় ইহা গ্যাসীয়, কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় সলফার ট্রাই-অক্সাইড কঠিন স্ফটিকাকার পদার্থ। সলফার ট্রাই-অক্সাইডের জলের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত প্রবল। ইহা জলের সংস্পর্শে আসিলে হিস্ হিস্ শব্দে প্রবল বিক্রিয়া ঘটাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$। আর্দ্র বায়ুতে সলফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস ছাড়িয়া দিলে একটি ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। এই সাদা ধোঁয়াটি প্রকৃতপক্ষে খুব ছোট ছোট সলফিউরিক অ্যাসিডের কণার সমষ্টি। সলফার ট্রাই-অক্সাইড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং তখন ধূমায়মান সলফিউরিক অ্যাসিড (যাহা পাইরো সলফিউরিক অ্যাসিড নামেও অভিহিত হয় এবং যাহা পূর্বে নর্ডহাওসেন সলফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া উল্লিখিত হইয়াছে) উৎপন্ন হয়।

$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7.$$

ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত ইহা সহজেই যুক্ত হইয়া সলফেট্ লবণ গঠন করে। বেরিয়াম অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয় এবং অক্সাইডটি ভাস্বর (glows) হইয়া উঠে।

$$BaO + SO_3 = BaSO_4.$$

Questions

1. Describe, with a sketch, the method of preparation of pure and dry sulphur dioxide in the laboratory. Describe on experimental basis the properties of sulphur dioxide.

১। পরীক্ষাগারে যে উপায়ে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় তাহা চিত্রসহযোগে বর্ণনা কর। পরীক্ষামূলকভাবে ইহার ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা কর।

2. How is sulphur dioxide prepared in the laboratory? State its principal physical and chemical properties. Explain it bleaching action.

২। পরীক্ষাগারে কিভাবে সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উল্লেখ কর। ইহার বিরঞ্জক ধর্ম ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

3. How is sulphur dioxide prepared from (a) sulphite and (b) sulphuric acid ? State what you know about its uses. Give a comparative account of the bleaching action of chlorine and sulphur dioxide.

৩ (ক) সলফাইট্ হইতে এবং (খ) সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে সলফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় ? ইহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। বিরঞ্জক হিসাবে ক্লোরিণ ও সলফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহারের তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. Describe, with equations, the reactions of sulphur dioxide with the following substances : (a) an aqueous solution of chlorine ; (b) an aqueous solution of caustic potash ; (c) a mixture of nitrogen dioxide and water vapour ; (d) hydrogen sulphide and (e) an aqueous solution of ferric chloride.

৪। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সহিত সলফার ডাই-অক্সাইডের যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর : (ক) ক্লোরিণের জলীয় দ্রবণ : (খ) কষ্টিক পটাসের জলীয় দ্রবণ ; (গ) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্পের মিশ্রণ ; (ঘ) হাইড্রোজেন সলফাইড এবং (ঙ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ।

5. "Sulphur dioxide acts sometimes as an oxidising agent and sometimes as a reducing agent."—Explain fully the statement with examples.

৫। "সলফার ডাই-অক্সাইড কোন কোন ক্ষেত্রে জারক হিসাবে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে।"—এই উক্তি উদাহরণ-সহকারে বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

6. How can you prove that sulphur dioxide contains sulphur ? Describe, with equations, the reactions that occur between sulphur dioxide and the following substances : (a) nitric acid, (b) lead dioxide, (c) sodium carbonate, (d) milk of lime, and (e) potassium permanganate.

৬। সলফার ডাই-অক্সাইডে যে সালফার আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায় ? সলফার ডাই-অক্সাইডের সহিত নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর : (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড, (খ) লেড ডাই-অক্সাইড, (গ) সোডিয়াম কার্বনেট, (ঘ) চুন-গোলা এবং (ঙ) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট।

7. How is sulphur dioxide manufactured ? How is sulphur dioxide used in the preservation of edible substances ?

৭। সলফার ডাই-অক্সাইডের পণ্য-উৎপাদন কিভাবে হইয়া থাকে ? খাদ্যদ্রব্যকে পচন হইতে রক্ষা করিবার জন্য সলফার ডাই-অক্সাইড কিভাবে ব্যবহৃত হয় ?

ঊনত্রিংশ অধ্যায়

সলফিউরিক অ্যাসিড

(Sulphuric Acid)

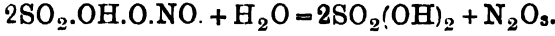
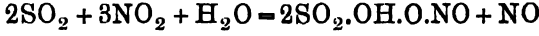
আণবিক সংকেত H_2SO_4 ; স্ফুটনাঙ্ক ৪৩৮° সেন্টিগ্রেড ; আণবিক ওজন 98 ; ঘনাঙ্ক 1.8 দ্বি-ক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড।

সলফিউরিক অ্যাসিড এযুগের এত অধিক সংখ্যক শিল্পে ব্যবহৃত হয় যে, শিল্প-বিষয়ে অগ্রসরতার মাপকাঠি হিসাবে ইহাকে গণনা করা হয়। যে দেশ শিল্পবিষয়ে যত উন্নত, সে দেশে তত বেশী সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

আলকেমিষ্টরা (Alchemists) প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিড আবিষ্কার করেন। অষ্টম শতাব্দীতে আরবদেশে প্রথম হিরাকসের (Green vitriol, ferrous sulphate, $FeSO_4$, $7H_2O$) সহিত ফট্‌কিরি [alum, K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] মিশাইয়া মিশ্রণকে পাতিত করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। পরে বেসিল ভ্যালেনটিন নামক একজন আলকেমিষ্ট কেবলমাত্র হিরাকস বা সবুজ ভিট্রিয়লকে (Green vitriol) পাতিত করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। সেইজন্য সলফিউরিক অ্যাসিডের নাম সেই সময় দেওয়া হইয়াছিল "ভিট্রিয়লের তৈল" (Oil of vitriol)। বর্তমানে শিল্পজগতে সলফিউরিক অ্যাসিড ঐ নামেই অভিহিত হইয়া থাকে। সপ্তদশ শতাব্দীতে একটি আবদ্ধ কাচের পাত্রের মধ্যে জলের উপর সলফার এবং নাইটার (সোরা, KNO_3) জ্বালাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। অষ্টাদশ শতাব্দী হইতে কাচপাত্রের স্থলে লেডনির্মিত প্রকোষ্ঠ (Lead Chamber) ব্যবহার করিয়া এবং নাইটারের স্থলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং জলের পরিবর্তে জলীয় বাষ্প এবং অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহার করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রচুর পরিমাণে উৎপাদন সম্ভব করা হয়। পরে ঊনবিংশ শতাব্দীতে গ্লোভার (Glover) সলফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও বায়ু সুষ্ঠুভাবে মিশাইবার জন্য লেড চেম্বারগুলির সম্মুখে একটি স্তম্ভ যোগ করেন। আবার দামী নাইট্রোজেনের অক্সাইড যাহাতে অপব্যয়িত না হয় এবং একই নাইট্রোজেনের অক্সাইড বার বার কাজে লাগানো যায় তাহার জন্য গে-লুসাক লেড চেম্বারগুলির শেষের দিকে আর একটি স্তম্ভ যোগ করিয়া সেখানে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা

নাইট্রোসো সলফিউরিক অ্যাসিড নামে মধ্যবর্তী রাসায়নিক যৌগের গঠন কল্পনা করেন এবং পরে অধিক জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া উক্ত মধ্যবর্তী যৌগ ভাঙ্গিয়া গিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড দিয়া থাকে বলিয়া উল্লেখ করেন।

$$2SO_2 + 3NO_2 + H_2O = 2SO_2.OH.O.NO + NO$$

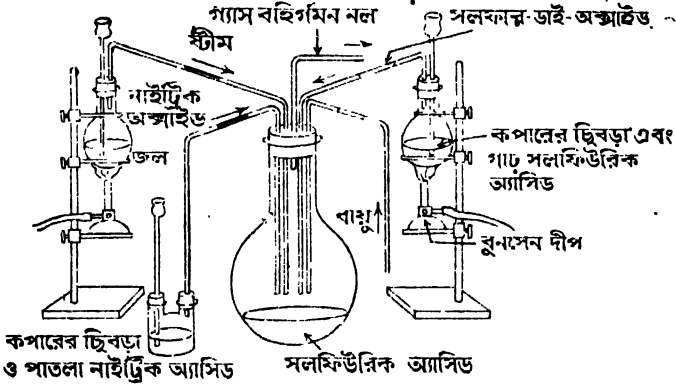
$$2SO_2.OH.O.NO. + H_2O = 2SO_2(OH)_2 + N_2O_3.$$

এই মতবাদের পিছনে আছে জলের পরিমাণ কম পড়িলে চেম্বার কেলাসের (Chamber Crystals) আবির্ভাব।

বর্তমানে সহজ মতবাদই যথার্থভাবে বিক্রিয়াটি দেখাইয়া থাকে বলিয়া মনে করা হয়।

চেম্বারের অভ্যন্তরে বিক্রিয়াটি যেভাবেই নিষ্পন্ন হউক না কেন, বিক্রিয়ার শেষে অনুঘটককে সম্পূর্ণরূপেই পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে চেম্বার পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন : চেম্বার পদ্ধতির সাহায্যে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে সলফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন (অথবা বায়ু), জল এবং অনুঘটক-হিসাবে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (নাইট্রিক অক্সাইড এবং বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে তাহা হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড) এই চারিটি বস্তু প্রয়োজন। বায়ু এবং জল সহজেই পাওয়া যায়, আর সলফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়। এই পদার্থগুলিকে একটি পাত্রের ভিতর একত্রিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটান হয়।

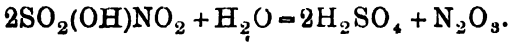
একটি 2-লিটার গ্যাস ধরিবার মত বড় ফ্লাস্ক লওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে একটি রবারের ছিপি ভালভাবে আঁটিয়া লাগান হয়। উক্ত ছিপির মধ্য দিয়া সংযুক্ত ছবিতে দেখান মত পাঁচটি কাচের নল লাগানো হয় ; তাহার মধ্যে একটি উদ্বৃত্ত গ্যাসসমূহের বহির্গমন নল। সেইটি মাত্র ছিপির তলা পর্যন্ত লাগানো থাকে। অন্য চারিটি নলের শেষ প্রান্ত প্রায় ফ্লাস্কের তলদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। এই চারিটি নলের একটিকে নাইট্রিক অক্সাইড তৈয়ারী করার জন্য সাজানো উলফের বোতলের নির্গম-নলের সহিত সংযুক্ত করা হয়। উলফের বোতলে কপারের ছিবড়ার উপর সামান্যরূপ পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। অন্য একটি নল সলফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করার জন্য সাজানো ফ্লাস্কের

নির্গম নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই ফ্লাস্কে কপারের ছিবড়ার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। তৃতীয় নলটি অন্য একটি ফ্লাস্কের মুখে লাগানো নির্গম নলের সহিত যোগ করা হয়। সেই ফ্লাস্কে জল ফুটাইয়া ষ্টীম উৎপাদিত করা হয়। চতুর্থ নলটি একটি ফুট-ব্লোয়ারের (foot-blower) সহিত সংযুক্ত করিয়া বিক্রিয়া ঘটাইবার বড় ফ্লাস্কে বায়ু প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা করা হয়।

চিত্র নং 57

চারিটি নলের মধ্য দিয়া যথাক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড, সলফার ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প (ষ্টীম) এবং বায়ু ফ্লাস্কটিতে প্রবেশ করে এবং তাহাদের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। বিক্রিয়ার ফলে তৈলের মত একটি তরল পদার্থ ফ্লাস্কের তলায় সঞ্চিত হয়। ফ্লাস্কের ভিতর অবশিষ্ট গ্যাসের রং সামান্য বাদামী দেখায়। অতিরিক্ত গ্যাস পঞ্চম নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ফ্লাস্কের তলায় সঞ্চিত তৈলের মত তরল পদার্থই সলফিউরিক অ্যাসিড। ইহার প্রমাণ উক্ত তরল পদার্থের সামান্য কয়েক ফোঁটা একটি পরীক্ষানলে লইয়া পাতিত জল মিশাইয়া পরে বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিলে ভারী সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়; এই অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। লেড নাইট্রেটের দ্রবণ অন্য একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া কয়েক ফোঁটা ফ্লাস্কের তরল যোগ করিলে অ্যাসিডে অদ্রাব্য লেড সলফেটের ভারী সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

দ্রষ্টব্য : যদি ফ্লাস্কের ভিতর ষ্টীমচালনা করা কিছু সময়ের জন্য বন্ধ করা হয় তাহা হইলে দেখা যায় যে, সাদা কেলাস ফ্লাস্কের গায়ে জমা হইয়াছে। এই সাদা

কেলাসের আণবিক সঙ্কেত $SO_2(OH)NO_2$। এই সাদা কেলাসকে **চেম্বার কেলাস** (Chamber Crystals) বলে। পুনরায় ষ্টীমচালনা করিলে সাদা কেলাস বিশ্লিষ্ট হইয়া অন্তর্হিত হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

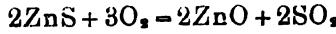
$$2SO_2(OH)NO_2 + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3.$$

লেড চেম্বারের ভিতরেও জলের পরিমাণ কম হইলে এই সাদা কেলাস উৎপন্ন হইয়া চেম্বারের গাযে জমা হয়। পুনরায় বেশী জল যোগ করিলেই এই সাদা কেলাস অন্তর্হিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

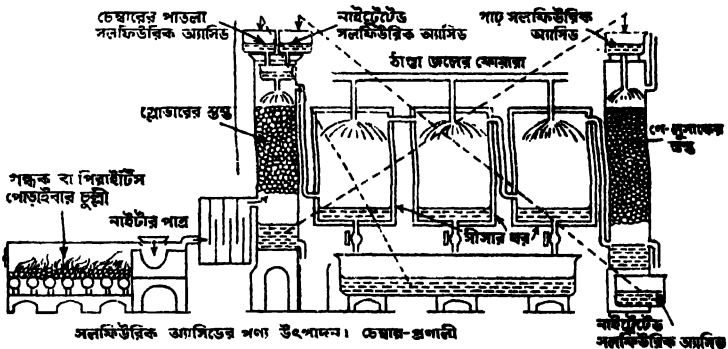
চেম্বার পদ্ধতিদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন ঃ ইহার রাসায়নিক ভিত্তি পূর্বেই আলোচিত হইযাছে। সলফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেন (বায়ু) মিশ্রিত করিয়া জলের সংস্পর্শে রাখিলেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়াদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে যান্ত্রিক ব্যবস্থার বর্ণনা এই প্রসঙ্গে বিশেষ আলোচ্য বিষয়। এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে নিম্নলিখিত ক্রম অনুসৃত হয়: (1) সলফার বা আয়রন পাইরাইটিস্ অধিক বায়ু প্রবাহে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন; (2) নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া অধিক উত্তাপে তাহার বিযোজন সংসাধিত করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন; (3) সলফার ডাই-অক্সাইডের জারণদ্বারা সলফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন এবং তাহার সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইযা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন; (4) অনুঘটকের পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা (গে-লুসাক স্তম্ভ)।

এই প্রক্রিয়াতে যে সমস্ত উপাদান অংশ গ্রহণ করে তাহারা সকলেই গ্যাসীয় পদার্থ। ইহারা ভালভাবে মিশিয়া একটি সমসত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। এই সমসত্ব মিশ্রণে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতে যথেষ্ট সময় লাগে এবং গ্যাসীয় পদার্থঘটিত বিক্রিয়া বলিয়া বিক্রিয়া ঘটাইবার পাত্রের আয়তনও বৃহৎ হওয়া প্রয়োজন। তাই বৃহদায়তন লেড নির্মিত প্রকোষ্ঠ এই বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজন হয়। তাহার ভিতর দিয়া যাইতে গ্যাসগুলির বেশ কিছুটা সময় লাগে এবং এমনভাবে প্রকোষ্ঠগুলি সাজান হয় যাহাতে গ্যাসগুলির সংমিশ্রণ বেশ ভালভাবে সংঘটিত হয়। তাহাতে বিক্রিয়াটি বেশ সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়।

(1) **সলফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ** চেম্বার-পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে অত্যধিক পরিমাণ সলফার ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

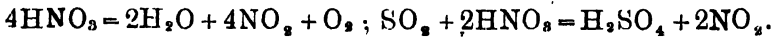
সেই সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদিত হয় আয়রণ পাইরাইটিস অধিক বায়ুতে পোড়াইয়া (in pyrites burners) অথবা সলফার পোড়াইয়া (in sulphur burners)। আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2, ইহাতে শতকরা 50 ভাগ সলফার থাকে) অথবা সলফার পোড়াইবার জন্য অগ্নিসহ ইঁটের প্রস্তুত (made of fire-bricks) চুল্লী ব্যবহার করা হয়। তাহার নীচের দিকে লোহার ঝাঁঝরি লাগান থাকে। তাহার উপর আয়রণ পাইরাইটিস অথবা সলফারের 1″ × 2″ টুকরা রাখা হয় এবং ঝাঁঝরির নীচে অবস্থিত একসারি দীপদ্বারা বায়ুপ্রবাহে ইহাদের পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। দীপের ফাঁকের মধ্য দিয়া অতিরিক্ত বায়ু চুল্লীতে প্রবেশ করে। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$; $S + O_2 = SO_2$. সময় সময় কোল গ্যাসের কারখানায় উদ্ভূত নিঃশেষিত আয়রণ অক্সাইড (Spent oxide of iron of Gas-Works, ইহাতে শতকরা 50 ভাগ গন্ধক থাকে) অথবা জিঙ্ক ব্লেণ্ডি (Zinc blende, ZnS ; ইহাতে শতকরা 21 ভাগ গন্ধক থাকে) বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

সর্বদাই উৎপন্ন সলফার ডাই-অক্সাইডের সহিত অবশিষ্ট অতিরিক্ত বায়ু (অক্সিজেন) মিশিয়া থাকে। এই গ্যাসমিশ্রণে শতকরা ৪ ভাগ সলফার ডাই-অক্সাইড, শতকরা 10 ভাগ অক্সিজেন এবং বাকী শতকরা ৪2 ভাগ নাইট্রোজেন থাকে।

সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন। চেম্বার-প্রণালী

চিত্র নং 58

(2) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উৎপাদন এবং তাহাদ্বারা সলফার ডাই-অক্সাইডের জারণঃ উত্তপ্ত সলফার ডাই-অক্সাইড এবং

অতিরিক্ত বায়ু চুল্লী হইতে বাহির হইয়া পাইরাইটিস পোড়াইবার চুল্লীর উপর দিকে অবস্থিত ছোট 'নাইটার' পাত্রের (nitre pots) উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। 'নাইটার' পাত্রে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এবং চিলি সল্ট-পিটার (Chile salt-petre, sodium nitrate, $NaNO_3$) রাখা হয়। গ্যাসমিশ্রণের উত্তাপে সেখানে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প (nitric acid vapour) উৎপন্ন হইয়া থাকে এবং অধিক উষ্ণতায় এবং সলফার ডাই-অক্সাইডের বিজারণ প্রক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড দেয়।

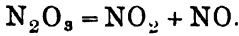
$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2 \,;\; SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2.$$

এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসপ্রবাহের সহিত মিশিয়া যায়। এই গ্যাসমিশ্রণটি একটি ছোট খালি স্তম্ভের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। স্তম্ভটিতে ব্যাফল প্লেট (baffle plates) লাগান থাকে। এইখানে গ্যাসমিশ্রণটি আঁকাবাঁকাভাবে যাওয়ার ফলে ধূলিমুক্ত হয় এবং উহার উষ্ণতা কমিয়া যায়। এই গ্যাসপ্রবাহ অতঃপর গ্লোভার স্তম্ভের নিম্নদেশ দিয়া স্তম্ভে প্রবেশ করে।

(3) গ্লোভার স্তম্ভ (Glover tower):—এই স্তম্ভটি অ্যাসিড-সহ (acid-proof) দ্রব্যদ্বারা তৈয়ারী এবং বাহিরে লেডের পাত দিয়া মোড়া। ইহার উপরের এবং নীচের কিছুটা অংশ বাদ দিয়া ভিতরের সমস্তটা অংশ ফ্লিণ্টের (flint) টুকরা অথবা কোয়ার্জের (quartz স্ফটিক) টুকরাদ্বারা ভর্তি করিয়া দেওয়া থাকে। এই স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাঙ্ক (tank) থাকে। তাহার একটিতে স্তম্ভের পরেই অবস্থিত লেড-প্রকোষ্ঠে (lead-chambers) উৎপন্ন নাতিগাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড (chamber-acid) (65%) পাম্পের সাহায্যে ভর্তি করা হয় এবং অপরটিতে গে-লুসাক স্তম্ভের তলা হইতে প্রাপ্ত "নাইট্রেটেড" সলফিউরিক অ্যাসিড (nitrated acid) পাম্পের সাহায্যে তুলিয়া ভর্তি করা হয়। পরে ট্যাঙ্ক দুইটির নীচে অবস্থিত পাইপের সাহায্যে গ্লোভার-স্তম্ভের ভিতর পড়িতে দেওয়া হয়। স্তম্ভের ভিতর দিয়া পড়িবার সময় এই শীতল অ্যাসিড দুইটি ঊর্ধ্বগামী উষ্ণ গ্যাসপ্রবাহের (400° সেন্টিগ্রেড) সহিত সংস্পর্শে আসে। ফ্লিণ্ট বা কোয়ার্জের টুকরাগুলি থাকার ফলে গ্যাসগুলির ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের সুবিধা হয়। এই স্তম্ভ ব্যবহার করার ফলে নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি ঘটিয়া থাকে :—

(ক) অপেক্ষাকৃত পাতলা চেম্বারে উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিড উষ্ণতর

গ্যাসের সংস্পর্শে আসিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেই উত্তাপে উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং স্তম্ভের নীচে গাঢ়তর সলফিউরিক অ্যাসিড জমা হয়।

(খ) 'নাইট্রেটেড' সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেনের অক্সাইড অপসারিত হয় এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত হয়। এইখানে "নাইট্রেটেড" সলফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন-অক্সাইড-শূন্য (denitrated) হয়। $2SO_2.OHO.NO + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3$;

$$N_2O_3 = NO_2 + NO.$$

(গ) গ্যাসমিশ্রণের উষ্ণতা উপরিলিখিত দুইটি প্রক্রিয়া সাধন করিতে অনেক পরিমাণে কমিয়া যায় এবং লেডপ্রকোষ্ঠে প্রবেশের সময় উহার উষ্ণতা 30° হইতে 35° সেন্টিগ্রেড মাত্র হয়।

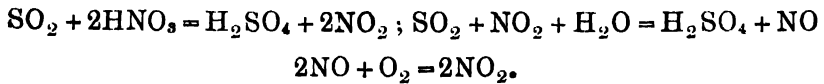
(ঘ) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অনুঘটকের সাহায্যে এবং পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে এই স্তম্ভের ভিতরেই কিছুটা সলফার ডাই-অক্সাইড (প্রায় শতকরা 25 ভাগ) জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

স্তম্ভের ভিতর দিয়া আসিয়া যে সকল অ্যাসিড স্তম্ভের নীচে জমা হয় তাহা স্তম্ভের নীচে অবস্থিত একটি সীসার চৌবাচ্চায় সঞ্চিত করা হয়। ইহাতে শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিড থাকে এবং ইহার ঘনত্ব 1·72। চেম্বার-পদ্ধতিতে ইহা অপেক্ষা গাঢ়তর অ্যাসিড পাওয়া যায় না। ইহার পর স্তম্ভের উপর দিয়া গ্যাসমিশ্রণটি বাহির হইয়া লেড-চেম্বারের নীচে অবস্থিত নলদ্বারা চেম্বারে প্রবেশ করে।

(4) **লেড-চেম্বার:** লেডের (সীসার) পাতের দ্বারা প্রস্তুত চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠ পর পর তিনটি বা পাঁচটি সাজাইয়া দেওয়া হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার সাহায্যে লেড গলাইয়া কোণগুলি মুড়িয়া দেওয়া হয়। [ইহাকে অটোজেনাস সলডারিং (autogenous soldering) বলে]। এই লেড-নির্মিত প্রকোষ্ঠগুলি কাঠের ফ্রেমে আঁটিয়া রাখা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলির ছাদের সহিত লাগানো সরু নল হইতে শীতল জলের ধারা ঝরণার আকারে প্রকোষ্ঠগুলির ভিতর বর্ষণ করা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিতে এমনভাবে গ্যাস মিশ্রণের প্রবাহ চালনা করা হয় যাহাতে গ্যাসগুলি ভালভাবে মিশিতে পারে। তখন অবশিষ্ট সমস্ত সলফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং উক্ত

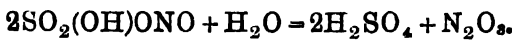
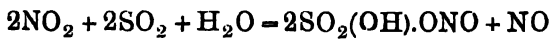
সলফিউরিক অ্যাসিড প্রকোষ্ঠগুলির মেঝেতে (floor) জমা হয়। ইহাকে **চেম্বার-অ্যাসিড** বলে। এই অ্যাসিডের ঘনত্ব 1·55 এবং উহাতে শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিড থাকে। ইহা অপেক্ষা ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড লেড-প্রকোষ্ঠে উৎপাদন করা যায় না, কারণ তাহা হইলে ঘন অ্যাসিডে নাইট্রোজেনের অক্সাইড দ্রবীভূত হইবে এবং তখন লেড অ্যাসিডে গলিয়া যাইয়া চেম্বার নষ্ট করিয়া দিবে। চেম্বারের উষ্ণতা দেখিবার জন্য প্রকোষ্ঠের দেওয়ালে থার্মোমিটার (Thermometer) লাগানো থাকে। লেড-চেম্বারের ভিতর নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে :—

$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2\ ;\ SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

মেঝের উপর সঞ্চিত অ্যাসিড চেম্বারের নীচে লাগানো নলদ্বারা চেম্বারের নীচে অবস্থিত একটি লেডের চৌবাচ্চায় সংগ্রহ করা হয়। সেই চৌবাচ্চা হইতে পাম্পের সাহায্যে এই অ্যাসিডকে গ্লোভার স্তম্ভের উপরে অবস্থিত ট্যাঙ্কে তুলিয়া দেওয়া হয়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, গ্লোভার স্তম্ভের ভিতর দিয়া যাইয়া এই শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিড শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডে ঘনীভূত হয়।

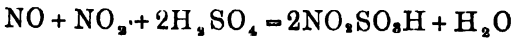
যখন জলের সরবরাহ কম পড়ে তখন চেম্বারের ভিতর চেম্বার-কেলাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু জলের পরিমাণ বাড়াইয়া দিলেই চেম্বার-কেলাসগুলির জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটে এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$2NO_2 + 2SO_2 + H_2O = 2SO_2(OH).ONO + NO$$

$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3.$$

সেই কারণে চেম্বারে জল সরবরাহ এরূপভাবে করা হয় যে, যাহাতে অ্যাসিড অত্যধিক পাতলা হইয়া না যায়, আবার শতকরা 68 হইতে 70 ভাগ অ্যাসিডের বেশী ঘন যেন না হয় এবং চেম্বার-কেলাসের উৎপাদন বন্ধ হয়। চেম্বারে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার পর যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহাকে গে-লুসাক স্তম্ভের নিম্নদেশে প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়।

(5) **গে-লুসাক স্তম্ভ (Gay-Lussac's tower) :** এই স্তম্ভটির গঠন গ্লোভার স্তম্ভের মতই, কিন্তু ইহার ভিতরটা লেডের পাত দিয়া মোড়া থাকে। ইহা কোক কয়লার টুকরাদ্বারা ভর্তি করা থাকে। ইহার উপরে একটি ট্যাঙ্কে

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখা হয়। এই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর অবস্থিত কোক কয়লার স্তরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভের ভিতর ঊর্ধ্বগামী গ্যাস উক্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ভালভাবে সংস্পর্শে আসে, এবং তাহাতে উহার নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা শোষিত হয় এবং 'নাইট্রেটেড' সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই 'নাইট্রেটেড' অ্যাসিড স্তম্ভের নীচে জমা হয় এবং সেখান হইতে পাম্পের সাহায্যে গ্লোভার স্তম্ভের উপরে অবস্থিত দ্বিতীয় ট্যাঙ্কে তুলিয়া দেওয়া হয়।

$$NO + NO_2 + 2H_2SO_4 = 2NO_2SO_3H + H_2O$$

নাইট্রোসিল সলফিউরিক অ্যাসিড

গে-লুসাক স্তম্ভটি মূল্যবান অনুঘটকের অপচয় নিবারণ করে।

(৬) গে-লুসাক স্তম্ভ হইতে যে গ্যাস বাহিরে আসে তাহাকে একটি চিমনীর ভিতর দিয়া বায়ুমণ্ডলীতে ছাড়িয়া দেওয়া হয়।

এই চিমনীটির কার্য হইল এই যে, সমস্ত প্ল্যাণ্টের (plant) ভিতর দিয়া গ্যাসমিশ্রণটিকে সুষ্ঠুভাবে টানিয়া লইয়া আসা।

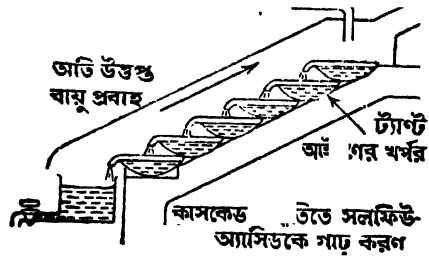
দ্রষ্টব্য: সমস্ত প্রক্রিয়াটি গ্যাসীয় পদার্থগুলির সুষ্ঠু মিশ্রণের উপর নির্ভর করে। তাই প্রত্যেক স্তরেই যাহাতে গ্যাসগুলির সুষ্ঠু মিশ্রণ সম্ভব হয় তাহার ব্যবস্থা করা হইয়াছে। প্রথম চেম্বারে গ্যাসমিশ্রণটি চেম্বারের নীচের দিকে অবস্থিত নলদ্বারা প্রবেশ করে এবং পরে চেম্বারের উপরে অবস্থিত নলদ্বারা বাহির হইয়া দ্বিতীয় চেম্বারের উপরের দিক দিয়া দ্বিতীয় চেম্বারে প্রবেশ করে। এইভাবে প্রবাহিত করার ফলে গ্যাসগুলি ভালভাবে মিশিয়া থাকে এবং তাহাতে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণরূপে ঘটিবার সুযোগ পায়। বর্তমানে প্রত্যেক দুইটি চেম্বারের ভিতর টাওয়ার (Reaction tower) বসান হয় এবং টাওয়ারগুলির ভিতর এমনভাবে ইষ্টক সাজান থাকে যে, গ্যাসগুলিকে আঁকা-বাঁকা পথে চলিতে হয়। তাহাতে গ্যাসের সুষ্ঠু মিশ্রণ হইয়া থাকে। কোন কোন স্থানে চেম্বারগুলি একেবারেই ব্যবহার না করিয়া 3টি বা 5টি টাওয়ার মাত্র ব্যবহার করা হয় এবং টাওয়ারে জলের ঝরণাধারা প্রবাহিত করার ব্যবস্থা থাকে। তাহাতে টাওয়ারেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সলফিউরিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার-

উৎপাদন এবং পণ্য-উৎপাদনের ভিতর যে পার্থক্য লক্ষিত হয় তাহা নিম্নে দেখান হইল :—

পরীক্ষাগার-প্রণালী	পণ্য-উৎপাদন-প্রণালী
১। ইহাতে প্রয়োজনীয় সলফার-ডাই-অক্সাইড কপারের ছিবড়ার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া পাওয়া যায়।	১। এই প্রণালীতে আয়রন পাইরাইটিস বা সলফার বায়ুতে পোড়াইয়া প্রয়োজনীয় সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করা হয়।
২। অম্লঘটক বা অক্সিজেন-পরিবাহক নাইট্রিক অক্সাইড কপারের ছিবড়ার উপর নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া পাওয়া যায়।	২। এই প্রণালীতে সোডিয়াম নাইট্রেট গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয় এবং উত্তাপে এই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন হইতে নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ উৎপন্ন হয়।
৩। বিক্রিয়ার শেষে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ফিরিয়া পাইবার কোন ব্যবস্থা নাই।	৩। বিক্রিয়ার শেষে গে-লুসাক স্তম্ভে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ফিরিয়া পাইবার ব্যবস্থা করা হয়।
৪। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ফিরিয়া পাইবার এবং পুনরায় ব্যবহার করিবার ব্যবস্থা নাই।	৪। ফিরিয়া পাওয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পুনরায় গ্লোভার-স্তম্ভে ব্যবহৃত হয়।
৫। সাধারণতঃ এই প্রক্রিয়ায় ষ্টীম ব্যবহার করা হয়।	৫। সাধারণতঃ ঠাণ্ডা জলের ঝরণা-ধারা ব্যবহার করা হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ চেম্বারে ষ্টীম ব্যবহার করিলে চেম্বারের স্থায়িত্ব কমিয়া আসে। ষ্টীম ব্যবহার করিলে চেম্বারগুলি 7-8 বৎসর ব্যবহার করা যায়, কিন্তু ঠাণ্ডা জল ব্যবহার করিলে 13-14 বৎসর পর্যন্ত চেম্বারগুলি স্থায়ী হয়।

চেম্বারে উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণ (Concentration of Chamber Acid) ঃ চেম্বার-পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডের সর্বাধিক গাঢ়ত্ব হইল শতকরা 78 ভাগ, কিন্তু সাধারণতঃ শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিডই এই প্রণালীতে

উৎপন্ন হইয়া থাকে ; কিন্তু সীসার কড়াইএ বাষ্পীভবন-দ্বারা ইহাকে শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডে পরিবর্তিত করা যায়। এই অ্যাসিডকে ব্রাউন অয়েল অফ ভিট্রিয়ল (Brown oil of vitriol, B.O.V.) বলে। এইরূপ গাঢ় অ্যাসিড সুপারফসফেট অফ লাইম (Superphosphate of lime), অ্যামোনিয়াম সলফেট ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিন্তু অন্যান্য অনেক রাসায়নিক শিল্পে গাঢ়তম সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। সুতরাং চেম্বার-পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে আরও গাঢ় করা হয়। এই গাঢ়ীকরণের কয়েকটি পদ্ধতিই প্রচলিত আছে। শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডকে কাচ বা সিলিকানির্মিত বকযন্ত্র হইতে পাতিত করিলে শতকরা 98·5 ভাগ অ্যাসিড পাওয়া যায়, কিন্তু পণ্য উৎপাদনে প্রাপ্ত এত অধিক পরিমাণ অ্যাসিডকে উক্ত উপায়ে গাঢ়ীকরণ সম্ভব নয়। তাই **কাস্কেড প্রণালী (Cascade System)** দ্বারা উহাকে ঘনীভূত করা হয়। এই প্রণালীতে সিলিকা অথবা ডুর-আয়রন (dur-iron) বা ট্যাণ্ট-আয়রন (tant-iron) নামক আয়রন ও সিলিকনের মিশ্রণ দ্বারা নির্মিত ঠোঁট (Spout) যুক্ত বড় বড় খর্পর (basin) লওয়া হয় এবং উক্ত খর্পরগুলিকে বদ্ধ জায়গায় একদিকে ঢালু একটি সিঁড়ির ধাপে ধাপে রাখা হয় এইভাবে রাখার ফলে উপরের খর্পরের ঠোঁট (lip) দিয়া ফোঁটা ফোঁটা অ্যাসিড নীচের খর্পরে অনায়াসে পড়ে। সকলের উপরের খর্পরে পাতলা চেম্বার অ্যাসিড আস্তে আস্তে ঢালা হয়। সিঁড়ির নীচে কোক পোড়াইয়া খর্পরগুলিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ খর্পরগুলির উপর দিয়া চালনা করা হয়। অ্যাসিডের জল বাষ্পীভূত হইয়া উপিয়া যায় এবং উপরের খর্পর হইতে নীচে

চিত্র নং 59

অবস্থিত খর্পরে অ্যাসিড গাঢ় হইয়া আসিয়া পড়ে। এইভাবে শেষ খর্পরে যে অ্যাসিড আসিয়া পড়ে তাহা শতকরা 95 ভাগ অ্যাসিড। এই 95% অ্যাসিডকে ঢালাই লোহের পাত্রে অবস্থিত 98% ফুটন্ত সলফিউরিক অ্যাসিডে যোগ করিয়া জল বাষ্পাকারে উড়াইয়া দিলে 98% অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে বদ্ধ স্থানে পাতলা অ্যাসিড হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয় তাহাতে সলফিউরিক অ্যাসিডের

অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম বিন্দু মিশিয়া থাকে। সেই কারণে উদ্ভূত বাষ্পকে একটি আবদ্ধ কক্ষে চালনা করা হয়। সেই কক্ষে 20000 হইতে 30000 ভোল্টে চার্জ-করা লেড দিয়া মোড়া ধাতব পাত ঝোলান থাকে। সলফিউরিক অ্যাসিডের সূক্ষ্ম বিন্দুগুলি সেই ধাতব পাতের উপর জমা হয় এবং একত্রিত হইয়া বড় বিন্দুতে পরিণত হয়। এইভাবে সলফিউরিক অ্যাসিডের অপচয় বন্ধ করা হয়।

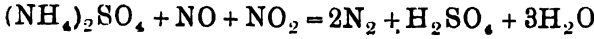
দ্রষ্টব্য ঃ এই 98% অ্যাসিডকে 100% অ্যাসিডে পরিণত করিতে হইলে উক্ত অ্যাসিডের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ ওলিয়াম (Oleum অথবা fuming sulphuric acid ; ইহাতে সলফার ট্রাই-অক্সাইড আছে এবং ইহার কথা পরবর্তী সংস্পর্শ-পদ্ধতিতে বলা হইয়াছে) যোগ করিতে হয়।

কোন কোন জায়গায় একটি খুব উঁচু স্তম্ভের উপর হইতে পাতলা অ্যাসিড ঝরণার আকারে পড়িতে দেওয়া হয় এবং স্তম্ভের নীচে হইতে অতি উত্তপ্ত প্রোডিউসার গ্যাস চালনা করা হয়। উত্তপ্ত হওয়ার ফলে অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা হইতে সহজেই জল উড়িয়া যায় এবং অ্যাসিড ঘনীভূত হয়। ঘনীভূত সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের নিম্নে জমা হয়। এই স্তম্ভগুলিকে **গেইলার্ড স্তম্ভ** (Gailiard tower) বলে।

এই পদ্ধতিতেও জলের বাষ্পের সহিত অ্যাসিডের অতি সূক্ষ্ম কণা মিশিয়া থাকে এবং পূর্বে বর্ণিত উপায়ে এই কণাগুলিকে একটি স্বতন্ত্র কক্ষে ধাতব পাতের উপর জমা করিয়া বড় বিন্দুতে রূপান্তরিত করা হয়।

চেম্বার অ্যাসিডের বিশুদ্ধীকরণ ঃ বাজারে যে পণ্য সলফিউরিক অ্যাসিড (78% অ্যাসিড) পাওয়া যায় তাহার রং বাদামী হয় এবং সেইজন্য উহাকে ব্রাউন অয়েল অফ্ ভিট্রিয়ল বলে। ইহাতে অনেক প্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে, যদিও তাহাদের পরিমাণ কম। আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3 আয়রণ পাইরাইটিস হইতে আগত), লেড সলফেট ($PbSO_4$, চেম্বারের লেড হইতে উদ্ভূত), নাইট্রোজেনের অক্সাইড, সলফার ডাই-অক্সাইড, জল এবং জৈব পদার্থ অশুদ্ধিরূপে মিশিয়া থাকে। জৈবপদার্থ হইতে উদ্ভূত কার্বনই এই অ্যাসিডের বাদামী রং-এর কারণ। এই অ্যাসিড হইতে বিশুদ্ধ অ্যাসিড পাইতে হইলে উহাকে প্রথমে জল মিশাইয়া পাতলা করা হয়। তাহাতে লেড সলফেটের প্রায় সমস্তটাই অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। তৎপরে দ্রবণের মধ্য দিয়া সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে আর্সেনিক এবং অবশিষ্ট লেড যথাক্রমে আর্সেনিক সলফাইড (As_2S_3) এবং লেড সলফাইড (PbS) রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে।

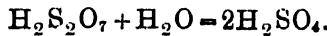
অ্যাসিড হইতে এই অধঃক্ষেপগুলি চিক্কণলেপবিহীন (unglazed) পোর্সিলেনের ভিতর দিয়া পোর্সিলেনের পাত্রের বাহিরে চাপ হ্রাস করিয়া পরিস্রাবণ সম্পাদন করিয়া পৃথক করা হয়। তাহার পরে পরিস্রুতের সহিত অ্যামোনিয়াম সলফেট মিশাইয়া কাচের পাত্র বা সিলিকার পাত্র হইতে পাতিত করিয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে মুক্ত করা হয়।

$$(NH_4)_2SO_4 + NO + NO_2 = 2N_2 + H_2SO_4 + 3H_2O$$

পাতিত করার ফলে শেষের দিকে 98% বিশুদ্ধ অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডের সহিত ওলিয়ম মিশাইয়া অ্যাসিডকে 10° সেন্টিগ্রেডে ঠাণ্ডা করিলে 100% বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

সংস্পর্শ-পদ্ধতি (Contact Process): সংস্পর্শ-পদ্ধতির আলোচনা করিতে গেলে প্রথমে ইহার রাসায়নিক তত্ত্ব আলোচনা করা প্রয়োজন। এই পদ্ধতিতে সলফার ডাই-অক্সাইডএর সহিত বায়ুর অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত করিয়া সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। কিন্তু এই রাসায়নিক সংযোগ সাধারণ অবস্থায় সংঘটিত করা যায় না। সেই কারণে শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ সলফার ডাই-অক্সাইড এবং অতিরিক্ত বায়ুর মিশ্রণকে 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-যুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টস্ অথবা 500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া উহাদের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$.

এইভাবে উৎপন্ন সলফার ট্রাই-অক্সাইডকে শতকরা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডের (গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের) ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শোষণ করা হয় এবং তাহাতে ওলিয়াম (oleum) উৎপন্ন হয়। $H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$.

এই ওলিয়ামের সহিত যথোপযুক্ত পরিমাণ জল বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া শতকরা 98 ভাগের সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4.$$

এই সহজ প্রক্রিয়া কার্যকরীভাবে প্রয়োগ করিতে হইলে কতকগুলি সর্ত মানিয়া চলিতে হয়। নিম্নে সেইগুলি উল্লেখ করা হইল:

(1) সলফার বার্নার (sulphur burners) হইতে যে সলফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাতে ধূলিকণা, আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) সলফারের সূক্ষ্ম গুঁড়া, সলফিউরিক অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা

(কুয়াশার আকারে) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। এই অশুদ্ধিগুলির উপস্থিতি অনুঘটকের পক্ষে বিষবৎ ক্রিয়া করে এবং তাহাদের সংস্পর্শে অনুঘটকের কর্মশক্তি একেবারে নষ্ট হইয়া যায়। সেই কারণে সলফার বার্নার হইতে প্রাপ্ত গ্যাসগুলির মিশ্রণকে এই অশুদ্ধিগুলি হইতে সম্পূর্ণভাবে মুক্ত করা বিশেষ প্রয়োজন।

(2) সলফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের যে বিক্রিয়া হয় তাহা উভমুখী এবং তাপোৎপাদক (exothermic): $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45,000$ ক্যালোরি। সেই কারণে উত্তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সলফার ট্রাই-অক্সাইড ভাঙিয়া যায় এবং সলফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়; তাই উৎপন্ন গ্যাসে সলফার ট্রাই-অক্সাইডের পরিমাণ কমিয়া যায়। তাই যত কম উষ্ণতায় সম্ভব বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে চেষ্টা করা হয়। কিন্তু উত্তাপ কম প্রয়োগ করিলে প্রক্রিয়াটিতে অনেক সময় লাগে। সেই কারণে এমন একটি উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করা হয় যেখানে পরস্পরবিরোধী ফলের সামঞ্জস্য রক্ষা হয় এবং কম সময়ে বেশী সলফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পণ্য-উৎপাদনে কম সময়ে বেশী মাল উৎপাদনই লক্ষ্য। প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাই বিশেষ সুবিধাজনক দেখা যায়। এই উষ্ণতাকে **সর্বোত্তম উষ্ণতা** (optimum temperature) বলে। প্লাটিনাম অনুঘটকের উষ্ণতা যাহাতে ইহার উপর না উঠে তাহার জন্য বিশুদ্ধীকৃত শীতল গ্যাসসমূহের মিশ্রণের সাহায্যে অনুঘটককে ঠাণ্ডা করা হয়।

(3) অতিরিক্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণরূপে সংঘটিত হইবার সম্ভবনা থাকে। এই অতিরিক্ত অক্সিজেন সলফার বার্নারে অতিরিক্ত বায়ুতে সলফার পোড়াইয়া যে গ্যাসমিশ্রণটি পাওয়া যায় তাহাতেই থাকে কারণ ঐ গ্যাসমিশ্রণে সাধারণতঃ শতকরা 7 ভাগ সলফার ডাই-অক্সাইড, 10·4 ভাগ অক্সিজেন বাকীটা নাইট্রোজেন থাকে। মিশ্রণের শতকরা 7 ভাগ সলফার ডাই-অক্সাইডকে সলফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করিতে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে মিশ্রণে শতকরা 4 ভাগ অক্সিজেন থাকিলেই যথেষ্ট হয়।

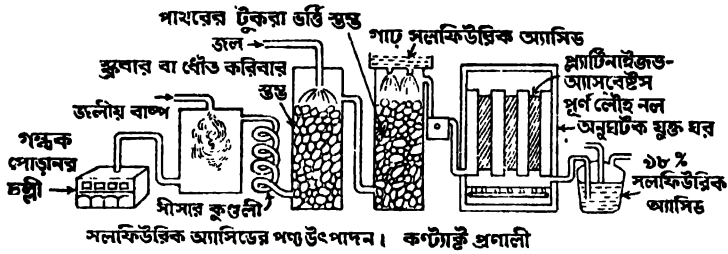
(4) অতি সামান্য সলফার ট্রাই-অক্সাইড জলে শোষিত হয়। তাহার কারণ জলের ভিতর সলফার ট্রাই-অক্সাইড চালনা করিলে এত বেশী উত্তাপ উদ্ভূত হয় যে, সলফার ট্রাই-অক্সাইড সাদা কুয়াশার আকারে বাহির হইয়া যায়। সুতরাং সলফার ট্রাই-অক্সাইডের শোষণ শতকরা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা সংঘটিত করা হয়।

উপরে লিখিত সর্তানুযায়ী নিম্নলিখিত ক্রম অনুসারে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

(1) **বার্নার ঃ**

আয়রন পাইরাইটিসকে (FeS_2) অথবা সলফারকে চুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণ উৎপাদন করা হয়। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$.

(2) **বিশোধক (Purifier)** (*i*) এই গ্যাস মিশ্রণকে প্রথমে ধূলিকণা ও আর্সেনিয়াস অক্সাইড হইতে মুক্ত করিবার জন্য একটি প্রকোষ্ঠ চালনা করা হয়। এই প্রকোষ্ঠটিকে **ধূলিপ্রকোষ্ঠ (dust chamber)** বলে। এই প্রকোষ্ঠে ষ্টীম প্রবেশ করান হয়। এই ষ্টীম কঠিন ভাসমান ধূলিকণা ও আর্সেনিয়াস অক্সাইডের উপর জমা হইয়া উহাদিগকে ভারি করিয়া তোলে এবং তাহার ফলে উহারা প্রকোষ্ঠের তলায় জমা হয়। (*ii*) পরে এই গ্যাসমিশ্রণটিকে একটি সীসার (লেডের) কুণ্ডলীনলের (lead pipes) মধ্য দিয়া লওয়া হয় এবং তাহার ফলে গ্যাসমিশ্রণের উত্তাপ কমিয়া যায়। (*iii*) গ্যাসমিশ্রণটি পরে একটি পাথরের

সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন। কণ্ট্যাক্ট প্রণালী

চিত্র নং 60

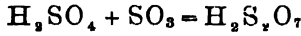
টুকরাভর্তি স্তম্ভের নিম্নদেশে প্রবেশ করান হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলের ঝরণাধারা প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসমিশ্রণের দ্রাব্য অশুদ্ধিগুলি সম্পূর্ণরূপে চলিয়া যায়। গ্যাসমিশ্রণটি ইহাতে আর্দ্র অবস্থায় আসে। (*iv*) তৎপরে গ্যাসমিশ্রণটিকে অন্য একটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করান হয়। এই স্তম্ভটিও অ্যাসিড-অভেদ্য পাথরের কুচিদ্বারা ভর্তি করা থাকে এবং ইহার উপর হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর পড়িতে দেওয়া হয়। ইহাতে গ্যাসমিশ্রণের সহিত যে জলীয় বাষ্প প্রথম স্তম্ভ হইতে বাহির হইবার সময় মিশিয়া যায় তাহা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা শোষিত হয় এবং গ্যাসমিশ্রণটি শুষ্ক হয়।

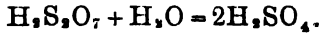
(৮) এইভাবে বিশুদ্ধ করা হইলে গ্যাসমিশ্রণটি স্বচ্ছ এবং কুয়াশামুক্ত হয়। গ্যাস মিশ্রণটির স্বচ্ছতা দেখিবার জন্য উভয় দিকে কাচযুক্ত একটি বাক্সের ভিতর প্রবেশ করাইয়া তীব্র আলোকরশ্মি ফেলিয়া ইহাকে পরীক্ষা করা হয়। এই বাক্সটিকে **টিনডেল বাক্স** (Tyndal box) বলে।

(3) **সংস্পর্শ-চুল্লী (Contact Furnace or Converter) ঃ** এইরূপে বিশুদ্ধীকৃত গ্যাসমিশ্রণকে সংস্পর্শ-চুল্লীর তলদেশ দিয়া ভিতরে প্রবেশ করান হয়। এই সংস্পর্শ-চুল্লীতে কয়েকটি লোহার দীর্ঘ নলে সচ্ছিদ্র তাকের উপর সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-যুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টস (Platinised asbestos) [ইহা অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌কে প্লাটিনিক ক্লোরাইডের ($PtCl_4$) দ্রবণে ডুবাইয়া পরে উত্তাপপ্রয়োগে প্লাটিনিক ক্লোরাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া সূক্ষ্ম কণাভাবে অ্যাস্‌বেস্‌টসের উপর প্লাটিনাম জমা করিয়া তৈয়ারী করা হয়] রাখা হয়। লোহের নলগুলি এমনভাবে বসান থাকে যে, শীতল গ্যাস-মিশ্রণটি উক্ত নলগুলির বাহির দিয়া নলের চারি পার্শ্বে প্রবাহিত হয় এবং পরে উপরে উঠিয়া নলের ভিতর উপর দিয়া প্রবেশ করে এবং অনুঘটকের মধ্য দিয়া নীচে নামে। নলের নিম্নের মুখগুলি গ্যাসমিশ্রণের প্রবেশের পথ হইতে বিচ্ছিন্ন করা থাকে। এই নিম্নের মুখগুলি দিয়া উৎপন্ন সলফার ট্রাই-অক্সাইড বাহির হইয়া আসে। প্রথমে বিক্রিয়া আরম্ভ করিবার জন্য চুল্লীর নিম্নে অবস্থিত আংটির আকারে স্থাপিত দীপগুলি জ্বালিয়া চুল্লীকে 400°—450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। পরে সলফার ডাই-অক্সাইডের সলফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হইবার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়। সেই কারণে চুল্লীর তাপমাত্রা ক্রমশঃ বৃদ্ধির দিকে যাইতে থাকে, কিন্তু লোহনলগুলির বাহিরে ঊর্ধ্বগামী শীতল গ্যাসমিশ্রণের সহিত নলের ভিতর উদ্ভূত সলফার ট্রাই-অক্সাইডের তাপ বিনিময় হয়। ফলে নলের বাহিরের শীতল গ্যাসমিশ্রণ নলে ঢুকিবার পূর্বেই উষ্ণ হয় এবং ভিতরের গ্যাস একটু শীতল হয়। গ্যাসমিশ্রণের প্রবাহ এরূপভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যে, চুল্লীর উষ্ণতা 450° সেন্টি-গ্রেডের উপরে না উঠে। এই অবস্থায় পৌঁছিলে বাহির হইতে তাপ দেওয়া আর প্রয়োজন হয় না এবং দীপগুলি নিবাইয়া দেওয়া হয়। জারণ-বিক্রিয়াটি তখন সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হইতে থাকে।

(4) **শোষকপাত্র (Absorber) ঃ** উৎপন্ন সলফার ট্রাই-অক্সাইডকে ঠাণ্ডা করিয়া একটি লোহপাত্রে অবস্থিত শতকরা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়। ইহাতে ওলিয়ম উৎপন্ন হয়। লোহ-পাত্রে জল বা

পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড বাহির হইতে এরূপ পরিমাণে যোগ করা হয় যাহাতে সকল সময়েই সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ শতকরা 98 ভাগে বর্তমান থাকে।

$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

ধূমায়মান (fuming) সলফিউরিক অ্যাসিড
বা নর্ডহাউসেন সলফিউরিক অ্যাসিড

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4.$$

এই পদ্ধতিতে প্লাটিনামঘটিত অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ অনুঘটক ব্যবহার করিয়া জামসেদপুরে টাটা কোম্পানী তাহাদের নিজেদের ব্যবহারের জন্য ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন ভারতে প্রথম প্রবর্তন করেন। পরে ডিগবয়ে পেট্রোলিয়াম কোম্পানি তাহাদের নিজেদের ব্যবহারের জন্য এই উপায়ে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজনমত তৈয়ারী করেন। অধুনা বেঙ্গল কেমিক্যাল এবং ফার্মাসিউটিক্যাল কোম্পানি তাঁহাদের পানিহাটির কারখানায় নিম্নলিখিত উপায়ে ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া এই পদ্ধতিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করিতেছেন। পদ্ধতিটি নিম্নলিখিতভাবে চালনা করা হয় :—

একটি চৌবাচ্চায় সলফার রাখিয়া তাহাতে অগ্নিসংযোগ করা হয়। সামান্য মাত্র সলফার পুড়িয়া যে উত্তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে বাকী সলফার গলিয়া যায়। এই তরল সলফারকে কেশ-নলের (Capillary tubes) ভিতর দিয়া বর্ণারে লওয়া হয়। এইভাবে সলফারকে খড়কুটা এবং মাটি হইতে পৃথক করিয়া পোড়ানো হয়। বার্নারে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। এই সলফার পোড়াইয়া যে গ্যাসের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহা প্রায় বিশুদ্ধ সলফার ডাই-অক্সাইড (7%), অক্সিজেন (10·4%) এবং নাইট্রোজেনের (82·6%) মিশ্রণ। এই গ্যাসমিশ্রণটিকে একটি প্রকোষ্ঠে সেলফের উপর প্লেটে করিয়া রাখা ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইডের (সিলিকার দানার দ্বারা অ্যামোনিয়াম ভ্যানাডেটের দ্রবণ শোষণ করিয়া পরে উত্তাপপ্রয়োগে অ্যামোনিয়াম ভ্যানাডেটকে ভাঙ্গিয়া ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড অনুঘটক তৈয়ারী করা হয়) উপর দিয়া চালনা করা হয়। ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইডকে 500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন সলফার ট্রাই-অক্সাইডকে আঁকাবাঁকা লেডনির্মিত নলের (Lead pipes) ভিতর দিয়া চালনা

করা হয় এবং নলগুলির বাহিরে শীতল জলের ধারা প্রবাহিত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে শীতল সলফার ট্রাই-অক্সাইডকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডে (98%) শোষণ করিয়া পরিমিত জল যোগ করিয়া 98% সলফিউরিক উৎপন্ন করা হয়।

চেম্বার ও সংস্পর্শ পদ্ধতির তুলনা

চেম্বার পদ্ধতি	সংস্পর্শ পদ্ধতি
1. চেম্বার পদ্ধতিতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডে শতকরা 65 হইতে 78 ভাগ প্রকৃত সলফিউরিক অ্যাসিড থাকে।	1. সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডে শতকরা 98 ভাগ প্রকৃত সলফিউরিক অ্যাসিড থাকে। সময় সময় এই পদ্ধতিতে 100% বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিডও প্রস্তুত করা হয়।
2. এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডে নানাপ্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। অশুদ্ধিগুলির মধ্যে আর্সেনিক বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।	2. এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ।
3. এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ করিয়া ঘন করা ব্যয়সাধ্য।	3. বিশুদ্ধ করা বা ঘন করা প্রয়োজন হয় না।
4. সলফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে ব্যবহৃত হয় না।	4. সলফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে কাজে লাগে।
5. এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে প্রাথমিক ব্যয় অনেক কম।	5. এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে প্রাথমিক ব্যয় অনেক বেশী, কারণ প্লাটিনামঘটিত অনুঘটকের দাম অনেক।

চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন পাতলা অ্যাসিড "সুপার ফসফেট" নামক সার উৎপাদনে (পৃঃ ১০৫ দেখ), অ্যামোনিয়াম সলফেট, সল্ট-কেক (Salt-cake) বা সোডিয়াম সলফেট এবং ফট্‌কিরি (alum) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যাসিড পেট্রোলিয়াম শোধনের কাজে, রং, ঔষধ এবং বিস্ফোরক তৈয়ারী করার জন্য এবং কৃত্রিম খাদ্যদ্রব্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

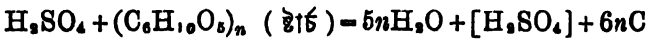
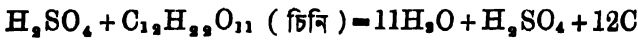
যদিও সংস্পর্শ পদ্ধতিতে একেবারেই ঘন এবং বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাহা হইলেও চেম্বার পদ্ধতি সর্বদেশে এখনও সমানভাবে প্রচলিত আছে। ইহার কারণ সমগ্র পৃথিবীর বাজারের পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা অপেক্ষা অনেক বেশী। আর চেম্বার পদ্ধতিতে অনেক কম খরচে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া তাহাতে প্রয়োজনমত জল মিশাইয়া পাতলা করিতে চেম্বার পদ্ধতিতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন অপেক্ষা অনেক বেশী খরচ হয়। তাই চেম্বার পদ্ধতি আজও ঠিক মত চলিতেছে। বেঙ্গল কেমিক্যালে তাই আজও চেম্বার পদ্ধতি ও সংস্পর্শ পদ্ধতি এই দুই পদ্ধতিতেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হইতেছে।

সলফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, জল অপেক্ষা ভারী, তৈলাক্ত তরল পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8। 10°·4 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড সাদা স্ফটিকে পরিণত হয় এবং স্ফটিকগুলি 10°·4 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলে। তাই সলফিউরিক অ্যাসিডের হিমাঙ্ক 10°·4 সেন্টিগ্রেড। শতকরা 98·33 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 338° সেন্টিগ্রেড; বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড (100%) উত্তপ্ত করিলে প্রথমে সলফার ট্রাই-অক্সাইড উড়িয়া গিয়া 338° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 98·33% সলফিউরিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে এবং উক্ত বাষ্পকে শীতল করিলে 98·33% সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই 98·33% সলফিউরিক অ্যাসিড একটি নিত্য স্ফুটনাঙ্ক-মিশ্রণ (Constant boiling mixture)।

সলফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশিয়া থাকে ; জলের সহিত মিশিবার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয় এবং মিশ্রণের আয়তন কমিয়া যায়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে সামান্য একটু জল দিলে উদ্ভূত তাপে জল ষ্টীমে পরিণত হয় এবং আকস্মিক প্রসারণের ফলে প্রবলবেগে অ্যাসিড চারিদিকে ছিটকাইয়া

পড়ে। তাই সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিতে নাই। গাঢ় অ্যাসিডকে পাতলা করিতে হইলে জলের মধ্যে অল্প অল্প করিয়া অ্যাসিড যোগ করিয়া নাড়িতে হয়। জলের মধ্যে সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলেও তাপ উদ্ভূত হয়, কিন্তু এই তাপমাত্রা অপেক্ষাকৃত কম। এই তাপ উদ্ভূত হইবার কারণ সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জলের যৌগ উৎপন্ন হয়; যথা, H_2SO_4, H_2O ; H_2SO_4, $2H_2O$; H_2SO_4, $4H_2O$ এই হাইড্রেটগুলি গঠিত হয়।

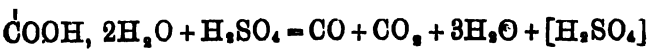
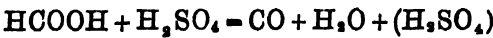
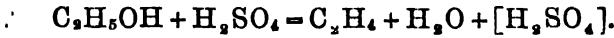
জলের প্রতি সলফিউরিক অ্যাসিডের গভীর আসক্তি দেখিতে পাওয়া যায়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। একটি বীকারে কিছুটা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লইয়া বাতাসে রাখিয়া দিলে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ক্রমশঃ অ্যাসিডটি পাতলা অবস্থায় আসে এবং উহার ওজন বৃদ্ধি পায়। ইহার এই জলীয় বাষ্প শোষণ করার ক্ষমতার উপরই শোষকাধারে ইহার ব্যবহার। এইজন্যই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া অনেক গ্যাসই শুষ্ক করা হয় (যথা—O_2, N_2, H_2, Cl_2, SO_2 প্রভৃতি, কিন্তু NH_3 নহে)। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের জলাকর্ষী গুণ যে এইভাবে গ্যাসের শুষ্কতা সম্পাদন করে তাহা নহে। অনেক সময় ইহা জৈব পদার্থের অণু হইতে জলোৎপাদক মৌলগুলি (যথা—দুই অণু হাইড্রোজেনের সহিত এক অণু অক্সিজেন, এই অনুপাতে) আকর্ষণ করিয়া লইয়া উহাদিগকে বিয়োজিত করে। চিনিতে, ষ্টার্চে (শ্বেতসার), কাগজে বা কাঠে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে উহারা কার্বনে পরিণত হইয়া কালো হইয়া যায়।

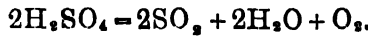
$$H_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} \text{ (চিনি)} = 11H_2O + H_2SO_4 + 12C$$
$$H_2SO_4 + (C_6H_{10}O_5)_n \text{ (ষ্টার্চ)} = 5nH_2O + [H_2SO_4] + 6nC$$

ফর্মিক অ্যাসিড ও অক্স্যালিক অ্যাসিড হইতেও এইভাবে জলের উপাদান উত্তপ্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হয় এবং যথাক্রমে কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + H_2O + (H_2SO_4)$$

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH, 2H_2O + H_2SO_4 = CO + CO_2 + 3H_2O + [H_2SO_4] \end{array}$$

অ্যালকোহল হইতে অনুরূপভাবে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

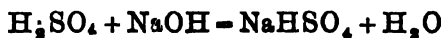
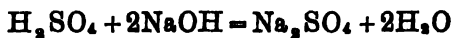
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_4 + H_2O + [H_2SO_4].$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের এই ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে নিম্নলিখিত উপায়ে দেখানো যায়। একটি বীকারে চিনির ঘন দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উহাতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সমস্ত দ্রব কালো হইয়া উথলিয়া উঠে। চিনি হইতে বিশুদ্ধ কার্বন তৈয়ারীর প্রণালীর ভিতর ইহা বর্ণিত হইয়াছে (পৃঃ ১১৮ দেখ)। তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন দেয়।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2.$$

লোহিত-তপ্ত সিলিকানলের ভিতর দিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালনা করিলে অথবা সিলিকানির্মিত ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের ভিতর দিয়া বিন্দু-পাতন ফানেল সংযুক্ত করিয়া ফ্লাস্কের ভিতর ঝামা পাথরের (Pumice stone) টুকরা রাখিয়া উহাকে লোহিত-তপ্ত করিয়া বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে সলফিউরিক অ্যাসিডের বিয়োজন ঘটিয়া থাকে। উদ্ভূত গ্যাসকে জলের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ করিলে সলফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং একমাত্র অক্সিজেন গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়। গ্যাসটি যে অক্সিজেন তাহা অর্ধ-জলন্ত পাকাটি নামাইয়া দিয়া তাহার সমধিক উজ্জ্বলন এবং ক্ষারীয় পাইগ্যালেট-দ্বারা ইহার শোষণ হইতে বুঝা যায়। এই পরীক্ষাদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা প্রমাণ করা যায়

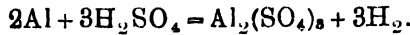
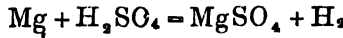
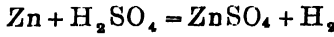
সলফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বি-ক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহা ক্ষারপদার্থের সহিত বিক্রিয়াদ্বারা দুই প্রকার লবণ গঠন করে এবং জল উৎপাদন করে। একটি হইল শমিত লবণ (neutral বা normal salt) এবং অন্যটি অ্যাসিড লবণ (acid salt)।

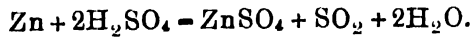
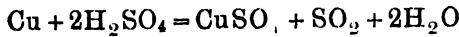
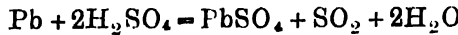
$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$

অ্যাসিড সোডিয়াম সলফেট বা সোডিয়াম বাই-স৹

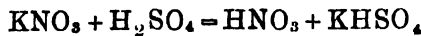
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

সোডিয়াম সলফেট

ধাতুর দ্বারাও সলফিউরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, লেড, আয়রণ, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম এই সমস্ত ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং সেই সঙ্গে ধাতব লবণ গঠন করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$
$$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2.$$

গাঢ় ঠাণ্ডা সলফিউরিক অ্যাসিডের লেড, টিন, জিঙ্ক, মার্কারি বা আয়রনের উপর কোন ক্রিয়া নাই, কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে প্রায় সকল ধাতুর সহিতই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ক্রিয়া করিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড, জল এবং ধাতব লবণ দিয়া থাকে।

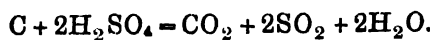
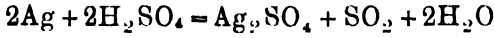
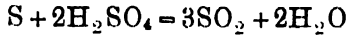
$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O.$$

গোল্ড, প্লাটিনাম এবং রোডিয়াম (Rhodium) ধাতুর উপর কোন অবস্থাতেই সলফিউরিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া হয় না।

সলফিউরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক অনেক উচ্চে এবং সেই কারণে ইহা অতি কম উদ্বায়ী। সেই কারণে সহজে উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে উদ্বায়ী অ্যাসিড মুক্ত হয়; যথা—নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

$$KNO_3 + H_2SO_4 = HNO_3 + KHSO_4$$
$$NaCl + H_2SO_4 = HCl + NaHSO_4$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড একটি জারক। কার্বন, সলফার প্রভৃতি অধাতব মৌল এবং কপার, সিলভার, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতব মৌল গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে উহারা জারিত হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সলফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O.$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

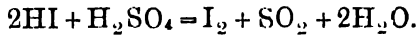
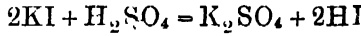
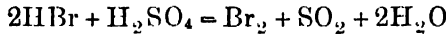
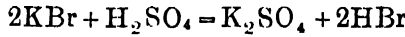
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

সিলভারের জারণ হইতে
উৎপন্ন সিলভার সলফেট

পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড জারিত হইয়া ব্রোমিন এবং আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

$$2KBr + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HBr$$

$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2KI + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HI$$

$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O.$$

সলফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ সলফিউরিক অ্যাসিড অসংখ্য রসায়ন-শিল্পে ব্যবহৃত হয়। বলা যাইতে পারে যে এমন কোন রসায়নশিল্প নাই যাহাতে প্রত্যক্ষভাবে অথবা পরোক্ষভাবে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত না হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড এবং অন্যান্য অ্যাসিড উৎপাদনে (যথা—অস্থিভস্ম হইতে ফসফোরিক অ্যাসিড) ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। ফসফোরাস এবং সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনে পরোক্ষভাবে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কৃত্রিমসার, যথা—সুপারফসফেট, অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। অ্যালম (ফটকিরি), অন্যান্য ধাতব সলফেট, ষ্টার্চ, গ্লুকোজ (Glucose, $C_6H_{12}O_6$), ঈথার, রং [যথা—নীল (indigo)], বিস্ফোরক (যথা—নাইট্রোগ্লিসারিন, গান-কটন, ট্রাই-নাইট্রোটোলুইন ইত্যাদি), রঞ্জক (pigment) প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। পেট্রোলিয়াম শোধনে, বিরঞ্জন প্রক্রিয়ায়, সঞ্চয়ন-কোষ (Lead accumulator) নির্মাণে, লৌহের উপর দস্তালেপন-প্রক্রিয়ায় লৌহের মরিচা অপসারণ করিতে সলফিউরিক অ্যাসিড (ঘন এবং পাতলা উভয় প্রকার অ্যাসিডই) প্রয়োজনানুসারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পরীক্ষাগারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড গ্যাস শুষ্ক করিতে, কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করিতে এবং বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড বিকারকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

বাজারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড পাথরের বোতলে করিয়া রাখিয়া বিক্রয় করা হয়। এই বোতলের মুখে পাথরের ছিপি লাগানো থাকে।

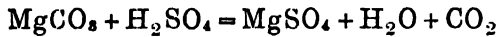
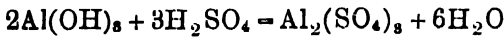
সলফেট লবণঃ সলফিউরিক অ্যাসিডের লবণকে সলফেট বলে। সলফিউরিক অ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় (replaceable) হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। তাই সলফিউরিক অ্যাসিডে প্রথমতঃ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু-দ্বারা প্রতিস্থাপন করিয়া অ্যাসিড বা বাই-লবণ পাওয়া যায়, যথা—$NaHSO_4$; ইহাকে অ্যাসিড সোডিয়াম সলফেট, অথবা সোডিয়াম বাই-সলফেট, অথবা সোডিয়াম হাইড্রোজেন সলফেট এই তিন নামে অভিহিত করা হয়। সলফিউরিক অ্যাসিডের দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুকেই ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপন করিয়া যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে শমিত সলফেট (neutral বা normal sulphate) বলে, যথা—K_2SO_4, ইহাকে পটাসিয়াম সলফেট নামে অভিহিত করা হয়।

সলফেট লবণ প্রস্তুত করিতে হইলে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ধাতু, ধাতব অক্সাইড, ধাতব হাইড্রক্সাইড অথবা ধাতব কার্বনেট যোগ করিতে হয়। তাহাতে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে প্রথমে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুৎকে উত্তাপদ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সলফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

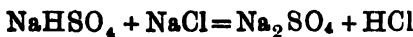
$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

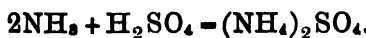
$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$

ক্লোরাইড লবণকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়াও সময় সময় সলফেট প্রস্তুত করা হয়। যেমন সল্ট-কেক বা সোডিয়াম সলফেটের উৎপাদন।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$

পণ্য উৎপাদনে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকে সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া অ্যামোনিয়াম সলফেট উৎপন্ন করা হয়।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

অধিকাংশ সলফেট লবণ জলে দ্রবণীয়। কেবল ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$) অতি সামান্যই জলে দ্রাব্য এবং স্ট্রোনসিয়াম সলফেট ($SrSO_4$) এবং বেরিয়াম সলফেট ($BaSO_4$) জলে একেবারেই অদ্রাব্য। অনেক সলফেট স্ফটিকাকার প্রাপ্ত হইবার সময় জলের সহিত যুক্ত হইয়া নানাপ্রকার স্ফটিক গঠন করে। ইহাদের মধ্যে কোন কোন ধাতব স্ফটিকাকার সলফেট লবণের বিশেষ নাম আছে। যথা—

$Na_2SO_4, 10H_2O$, গ্লবার লবণ (সোডিয়াম সলফেট)
$MgSO_4, 7H_2O$, ইপসম্ লবণ (ম্যাগনেসিয়াম সলফেট)
$CaSO_4, 2H_2O$, জিপসম (ক্যালসিয়াম সলফেট)
$FeSO_4, 7H_2O$, সবুজ ভিট্রিয়ল বা হীরাকষ (ফেরাস সলফেট)
$ZnSO_4, 7H_2O$, সাদা ভিট্রিয়ল (জিঙ্ক সলফেট)
$CuSO_4, 5H_2O$, নীল ভিট্রিয়ল বা তুঁতে (কপার সলফেট)

অনেক সলফেট লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। তাহা সলফারের অবস্থানের ভিতর উল্লেখ করা হইয়াছে (পৃঃ ২৯৪ দেখ)।

অ্যালম (Alum) বা ফটকিরি ঃ পটাসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেট যুক্ত হইয়া যে দ্বি-ধাতব লবণ (double salt) উৎপন্ন করে তাহাকে সাধারণ অ্যালম বা ফটকিরি বলে। ইহার সংকেত হইল $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$। কিন্তু ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, আয়রন (ফেরিক) প্রভৃতি ধাতুর সলফেটও পটাসিয়াম সলফেটের সহিত যুক্ত হইয়া উক্ত প্রকার দ্বি-ধাতব লবণ গঠন করে এবং তাহাদের সংকেতও সাধারণ অ্যালমের অনুরূপ। তাহারা সকলেই সমাকৃতি। এই দ্বি-ধাতব লবণগুলিকে অ্যালম বলে। পটাসিয়াম সলফেট ছাড়াও অন্যান্য ধাতুর সলফেট এবং অ্যামোনিয়াম সলফেটও উক্তপ্রকার অ্যালম গঠন থাকে। যথা—

আয়রন অ্যামোনিয়াম অ্যালম, $(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$
ক্রোমিয়াম অ্যালম, $K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$
অ্যামোনিয়াম অ্যালম, $(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$
সিজিয়াম ম্যাঙ্গানিক অ্যালম, $Cs_2SO_4, Mn_2(SO_4)_3, 24H_2O$.

এখানে কেবল সাধারণ অ্যালম সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইবে। পরীক্ষাগার

সাধারণ অ্যালম প্রস্তুত করিতে হইলে পটাসিয়াম সলফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের জলীয় দ্রবণ একত্র মিশ্রিত করিয়া উত্তাপপ্রয়োগে ঘনীভূত করা হয়। পরে মিশ্রিত দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করিলেই অ্যালমের স্ফটিক পাওয়া যায়।

অ্যালমের পণ্য উৎপাদন তিনটি বিভিন্ন খনিজ হইতে তিনটি বিভিন্ন উপায়ে নিষ্পন্ন করা হয় :—

(1) **অ্যালম প্রস্তর হইত** (from Alum-Shale) :—অ্যালম প্রস্তরে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট ও আয়রন পাইরাইটিস মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এই প্রস্তরকে একস্থানে একত্রিত করিয়া ভর্জিত করিলে আয়রন পাইরাইটিস জারিত হইয়া ফেরাস সলফেট এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তরের অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটে পরিবর্তিত করে। এই অবস্থায় পৌঁছিলে ভর্জিত প্রস্তরকে জলদ্বারা দ্রাবিত (lixiviated with water) করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুৎকে উত্তাপপ্রয়োগে ঘনীভূত করা হয়। পরে এই দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া অনবরত আলোড়িত করা হয়। এই আলোড়নের সময় দ্রবণকে শীতল করিলে অ্যালমের ছোট ছোট স্ফটিক কেলাসিত হয়। ইহাকে অ্যালম মিল (alum meal) বলে।

(2) **অ্যালুনাইট হইতে** (from Alunite) :—খনিজ অ্যালুনাইটের সংকেত হইল K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al(OH)_3$। ইহা হইতে দুই উপায়ে অ্যালম প্রস্তুত করা যায় : (i) অ্যালুনাইটকে বায়ুতে ভস্মীভূত (calcined in air) করিলে উহার $Al(OH)_3$ ভর্জিত অ্যালুমিনায় (ignited Al_2O_3) পরিবর্তিত হয়, তখন উক্ত Al_2O_3 জলে অদ্রাব্য অবস্থায় আসে। পরে জলদ্বারা আলোড়িত করিলে পটাসিয়াম সলফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেট দ্রবীভূত হয় কিন্তু Al_2O_3 অদ্রাব্য থাকিয়া যায়। এই অবস্থায় পরিস্রাবণ-দ্বারা Al_2O_3 অপসারিত করিয়া পরিস্রুৎকে বাষ্পীভূত করিয়া ঘন করিলে ঠাণ্ডা অবস্থায় অ্যালমের স্ফটিক উৎপন্ন হয়। (ii) অ্যালুনাইটকে চূর্ণ করিয়া তাহার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 500° – 600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মিশ্রণটিকে সিদ্ধ (digested) করিলে Al_2O_3 সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম সলফেটে পরিণত হয়। এখন এই দ্রবণকে পরিস্রাবিত করিয়া পরিস্রুতের

সহিত উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম সলফেট মিশাইয়া দ্রবণকে শীতল করিলে অ্যালম কেলাসিত হয়।

(3) **বক্সাইট হইতে** (from Bauxite) :—বক্সাইট খনিজের সংকেত হইল $Al_2O_3, 2H_2O$। বক্সাইটের সহিত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। সিলিকা হইতে পরিস্রাবণ-দ্বারা এই অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণকে পৃথক করিয়া তাহার সহিত পটাসিয়াম সলফেট মিশ্রিত করা হয় এবং মিশ্রণটিকে উত্তাপদ্বারা ঘনীভূত করিয়া শীতল করা হয়। অ্যালমের স্ফটিক কেলাসিত হয়। এই অ্যালমের কেলাসকে পুনরায় জলে দ্রবীভূত করিয়া আলোড়িত করা হয় এবং এই অবস্থায় উত্তাপপ্রয়োগে দ্রবণটিকে ঘনীভূত করা হয়। আলোড়ন বন্ধ না করিয়া ঠাণ্ডা করিলে অ্যালমের ছোট ছোট দানা পাওয়া যায়। এইভাবে অ্যালমকে আয়রণ সলফেট হইতে মুক্ত করা হয়।

সাধারণ অ্যালমের ধর্ম : অ্যালম একটি বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রাব্য। জলের দ্রবণের অ্যাসিডের মত ব্যবহার দেখা যায় এবং এই দ্রবণ কষায় স্বাদযুক্ত। ইহা 92° সেন্টিগ্রেডে কেলাস জলে গলিয়া যায় এবং 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার সমস্ত কেলাস জল উপিয়া যায় ও তখন সাদা নিরুদক ফোঁপরা সলফেটের মিশ্রণ পড়িয়া থাকে। ইহাকে পোড়া অ্যালম (burnt alum) বলে।

অ্যালমের ব্যবহার : জল পরিষ্কার করার কাজে এবং রঞ্জনশিল্পে রং কাপড়ে ভালভাবে ধরাইবার জন্য (as a mordant) ও ছিটের কাপড় রঞ্জনে (Calico-printing) অ্যালম ব্যবহৃত হয়। কাগজ এবং চর্মশিল্পে এবং ওয়াটার-প্রুফ শিল্পে কিছুটা অ্যালমের ব্যবহার হইয়া থাকে। অ্যালমের জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় বলিয়া এবং সলফিউরিক অ্যাসিডের কিছুটা বীজঘ্নগুণ থাকার জন্য ও অ্যালমের তরল রক্ত জমাইয়া ফেলিবার ক্ষমতা থাকায় দাড়ি কামাইবার সময় ইহার ব্যবহার দেখা যায়। কোন কোন ঔষধেও অ্যালম ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অ্যালমের দ্রবণ দাঁতের ব্যাথায় কুলকুচা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

সলফিউরিক অ্যাসিড ও সলফেটের অভীক্ষণ : সলফিউরিক অ্যাসিড

বা সলফেটের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিলে বেরিয়াম সলফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। লেড নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলেও অনুরূপ অ্যাসিডে অদ্রাব্য লেড সলফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এই অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের দ্রবণে দ্রুত দ্রাব্য।

Questions

1. Discuss the chemical background of the manufacture of sulphuric acid by chamber process. Explain, with equations, the conversion of sulphur dioxide into sulphuric acid. Explain how the catalyst reacts in the operation.

১। চেম্বার পদ্ধতি দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের রাসায়নিক ভিত্তি বর্ণনা কর। সমীকরণ-দ্বারা সলফার ডাই-অক্সাইড হইতে কিভাবে সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহা বুঝাইয়া দাও। এখানে অনুঘটক কিভাবে ক্রিয়া করে তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

2. Describe the method of preparation of sulphuric acid in the laboratory by the application of the principle of chamber process. How would you prove that the liquid formed is sulphuric acid ?

২। পরীক্ষাগারে চেম্বার পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। উৎপন্ন তরল যে সলফিউরিক অ্যাসিড তাহা কিভাবে প্রমাণ করা হয় ?

3. Describe the contact process for the manufacture of sulphuric acid. Name at least three catalysts used in the process. Which of these catalysts is most effective in the process ?

৩। 'সংস্পর্শ-পদ্ধতি' দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অন্তত: তিনটি অনুঘটকের নাম কর। এই অনুঘটকগুলির মধ্যে কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা কার্যকরী ?

4. Compare the 'chamber process' with the 'contact process' for the manufacture of sulphuric acid. Describe in the form of experiments the dehydrating and the acid property of sulphuric acid.

৪। সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের 'চেম্বার পদ্ধতি' ও 'সংস্পর্শ পদ্ধতি'র

তুলনামূলক আলোচনা কর। সলফিউরিক অ্যাসিডের জলাকর্ষী গুণ ও অ্যাসিড ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর।

5. How can you show that sulphuric acid contains oxygen? What are the products obtained by the action of hot and concentrated sulphuric acid on the following :—

(*a*) Carbon, (*b*) sulphuric, (*c*) potassium bromide, (*d*) sodium chloride and (*e*) oxalic acid? Give equation in each case.

৫। সলফিউরিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা কি ভাবে দেখানো যায়? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সহিত উষ্ণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া কোন্ কোন্ দ্রব্য উৎপাদন করে :—

(ক) কার্বন, (খ) সলফার, (গ) পটাসিয়াম ব্রোমাইড, (ঘ) সোডিয়াম ক্লোরাইড, এবং (ঙ) অক্সালিক অ্যাসিড? প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ লিখিয়া দাও।

6. Write what you know about the uses of sulphuric acid. How can you prove that sulphuric acid contains sulphur and oxygen?

৬। সলফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সলফিউরিক অ্যাসিডে সলফার এবং অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

7. How can sulphur acid produced in the operation of chamber process be concentrated? What are the impurities present in the chamber acid and wherefrom do they come into the acid? What procedure is followed for purifying the chamber acid?

৭। কিভাবে চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে ঘন করা হয়? চেম্বার অ্যাসিডে কি কি অশুদ্ধি থাকে এবং সে সকল কোথা হইতে আসে? উক্ত অ্যাসিডকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে কি কি প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়?

8. Write what you know about sulphates. How can you prove the presence of a sulphate in a solution? What is an alum? What minerals are used for the manufacture of common alum? Describe the manufacture of alum from any one of them. State what you know about the uses of alum.

৮। সলফেট সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কোনও দ্রবণে সলফেটের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা যায়? অ্যালম কাহাকে বলে? সাধারণ অ্যালমের পণ্য উৎপাদন কোন্ কোন্ খনিজ হইতে হইয়া থাকে? একটি খনিজ হইতে সাধারণ অ্যালমের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। অ্যালমের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

ত্রিংশ অধ্যায়

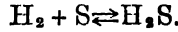
হাইড্রোজেন সলফাইড, সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন অথবা হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড

(Hydrogen Sulphide, Sulphuretted Hydrogen or Hydrosulphuric Acid)

সংকেত H_2S ; আণবিক ওজন 34 ; গলনাঙ্ক,—85°·6 সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক,—60°·7 সেন্টিগ্রেড ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 17 ।

অবস্থান ঃ—এই গ্যাসটি আগ্নেয়গিরির গহ্বর হইতে বহিরাগত ধোঁয়ায় এবং অনেক প্রস্রবণের জলে দেখিতে পাওয়া যায়। গন্ধকঘটিত উদ্ভিজ্জ এবং প্রাণীজ অনেক দ্রব্য পচিলে এই গ্যাসটি উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। পচা ডিম ও পচা পশুর চামড়ার যে দুর্গন্ধ প্রধানতঃ তাহা এই গ্যাসটির জন্য।

প্রস্তুতি ঃ—(1) **সংশ্লেষণী পদ্ধতি** ঃ—উত্তাপপ্রয়োগে হাইড্রোজেন এবং সলফারকে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপাদন করা যায়। ফুটন্ত গন্ধকের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে সামান্য হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপন্ন হয়।

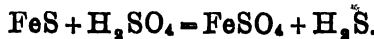
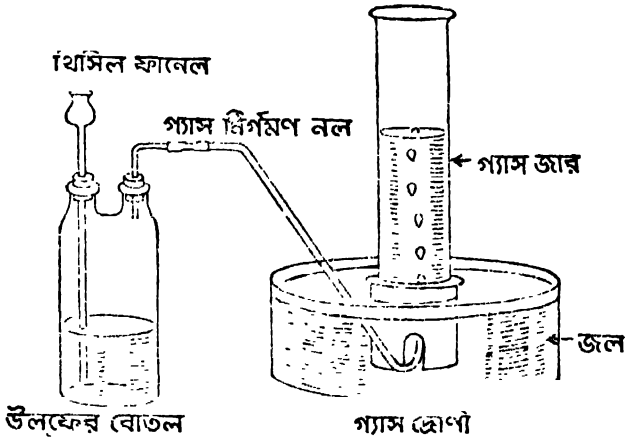
$$H_2 + S \rightleftharpoons H_2S.$$

আবার হাইড্রোজেন এবং সলফারের বাষ্প ঝামা-পাথর (pumice-stone) পূর্তি লোহিত-তপ্ত নলের ভিতর দিয়া চালনা করিলে হাইড্রোজেন সলফাইড সামান্য পরিমাণে গঠিত হয়।

(২) **পরীক্ষাগার প্রণালী** ঃ—সাধারণতঃ কোন কোন ধাতুর সলফাইডের উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপাদন করা হয়।

$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$

$$ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S.$$

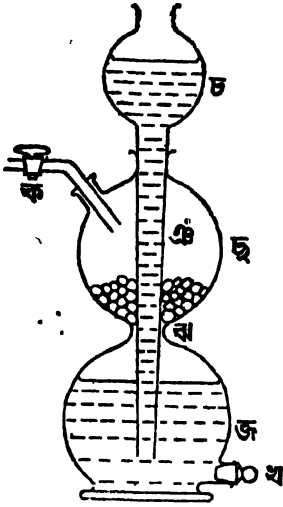
কিন্তু পরীক্ষাগারে সর্বদাই ফেরাস সলফাইডের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া সাধারণ উত্তাপে হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S.$$

একটি উল্‌ফ-বোতলে ফেরাস সলফাইডের টুকরা কিছুটা লওয়া হয়, উহার একটি মুখে কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং অপর মুখে অন্য একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি সমকোণে বাঁকানো নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। প্রথমে দীর্ঘনল ফানেল দিয়া কিছুটা জল বোতলের ভিতর ঢালিয়া দেওয়া হয় যাহাতে দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্তটি জলে ডুবিয়া থাকে। তাহার পর দেখিয়া লওয়া হয় যে সমস্ত জোড়াগুলি বায়ু-নিরোধক (air-tight) হইয়াছে কি-না। যখন যন্ত্রটি ঠিকমত সাজানো হয়, তখন দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়া পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফেরাস সলফাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে

চিত্র নং 61

আসামাত্র হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী, তাই গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্ব-ভ্রংশ দ্বারা গ্যাসটিকে সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসটি ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য, সেই কারণে গরম জলের উপর গ্যাসজারে গরম জল ভর্তি করিয়া মধুকোষ-পীঠের (Beehive-self) উপর উল্টাইয়া রাখিয়া গরমজলের অপভ্রংশ-দ্বারাও গ্যাসটি সংগ্রহ করা যায়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S.$$

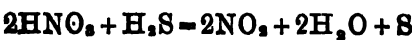
পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণী-পরীক্ষার (Analysis) জন্য অনেক পরিমাণ হাইড্রোজেন সলফাইডের দ্রুত উৎপাদন প্রয়োজন হয়। সেই প্রয়োজনে কিপের যন্ত্রে (Kipp's Apparatus) এই গ্যাসের উৎপাদনের ব্যবস্থা করা হয়। এই যন্ত্রে

'ছ' চিহ্নিত মধ্যের বাল্‌বে ফেরাস সলফাইডের টুকরা রাখা হয়। 'চ' চিহ্নিত বাল্‌বের ভিতর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড এতটা পরিমাণ ঢালা হয় যাহাতে নীচের 'জ' চিহ্নিত বাল্‌বটি অ্যাসিডে ভর্তি হইয়া অ্যাসিড ফেরাস সলফাইডের টুকরার সংস্পর্শে আসে। এই সময় "ক" স্টপ-কক (Stop-cock) খুলিয়া রাখা হয়। অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসামাত্র ফেরাস সলফাইড হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস উদ্ভূত হইয়া স্টপ-কক-যুক্ত নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। যখন গ্যাসের প্রয়োজন না হয় তখন স্টপ-কক বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তাহাতে পূর্বে

চিত্র নং 62

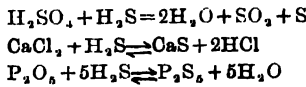
উদ্ভূত হাইড্রোজেন সলফাইডের চাপে অ্যাসিড 'জ' বাল্‌বে নামিয়া আসে এবং "ঞ" নল বাহিয়া উপরের 'চ' বাল্‌বে যাইয়া জমা হয়। গ্যাসের প্রয়োজন হইলেই স্টপ-কক খুলিয়া দিয়া গ্যাস লওয়া হয় এবং তখন গ্যাসের চাপ কমিয়া যাওয়ায় অ্যাসিড 'চ' বাল্‌ব হইতে নামিয়া আসে এবং ক্রমে 'জ' বাল্‌ব ভর্তি করিয়া 'ছ' বাল্‌বের ভিতর আসিয়া ফেরাস সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করে।

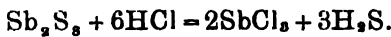
দ্রষ্টব্য ঃ মার্কারীর (পারদের) উপর মার্কারীর অপভ্রংশ-দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায় না, কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

আবার পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের স্থলে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়; $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$; কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড কোন ক্রমেই ব্যবহার করা যায় না, কারণ প্রথমতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্ভূত হাইড্রোজেন সলফাইডকে জারিত করে ও তাহাতে কেবলমাত্র সলফার পড়িয়া থাকে এবং দ্বিতীয়তঃ ফেরাস সলফাইডও কিছুটা জারিত হইয়া ফেরাস সলফেটে পরিণত হয় এবং তাহা হইতে আর হাইড্রোজেন সলফাইড কোন প্রকারেই পাওয়া যায় না।

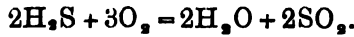
$$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2 + 2H_2O + S$$

বিশুদ্ধীকরণঃ—হাইড্রোজেন সলফাইডে সাধারণতঃ কিছুটা হাইড্রোজেন গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প মিশিয়া থাকে। হাইড্রোজেন আসে ফেরাস সলফাইডে যে কিছুটা লৌহ যৌলাবস্থায় থাকে তাহার সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে। হাইড্রোজেন সলফাইড পরীক্ষাগারে যে কার্যের জন্য ব্যবহৃত হয় তাহাতে হাইড্রো-জেন অশুদ্ধি হিসাবে থাকিলে কোন ক্ষতি হয় না। তবে বিশুদ্ধ শুষ্ক হাইড্রোজেন সলফাইড পাইতে হইলে (১) গ্যাসটিকে সোডিয়াম হাইড্রো সলফাইডের (NaHS) দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া অ্যাসিড মুক্ত করা হয়; (২) পরে বিশুদ্ধ ফসফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডের (P_2O_5) অথবা অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের (Anhydrous Al_2O_3) ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়; (৩) তৎপরে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে শীতল করিয়া গ্যাসটিকে তরলে রূপান্তরিত করিয়া পাম্পের সাহায্যে হাইড্রোজেন অপসারিত করা হয়। পরে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া তরল H_2S হইতে গ্যাসীয় বিশুদ্ধ H_2S পাওয়া যায়।

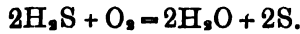
দ্রষ্টব্য: গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused calcium chloride) অথবা অশুদ্ধ ফসফোরাস পেণ্ট অক্সাইড দ্বারা গ্যাসটিকে অনার্দ্র অবস্থায় আনা যায় না, কারণ উক্ত দ্রব্যগুলির সহিত H_2S-এর বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে:

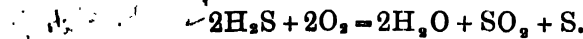
$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$
$$CaCl_2 + H_2S \rightleftharpoons CaS + 2HCl$$
$$P_2O_5 + 5H_2S \rightleftharpoons P_2S_5 + 5H_2O$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করিতে হইলে অ্যান্টিমনি সলফাইডের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিতে হয় এবং উদ্ভূত গ্যাসকে জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া HCl গ্যাস হইতে মুক্ত করা হয়; পরে বিশুদ্ধ P_2O_5-এর সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পারদের অপভ্রংশ-দ্বারা পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়। শুষ্ক বিশুদ্ধ H_2S-এর পারদের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S.$$

হাইড্রোজেন সলফাইডের ধর্মঃ—হাইড্রোজেন সলফাইড বা সলফিউ-রেটেড হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার গন্ধ পচা ডিমের মত। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং ঠাণ্ডা জলে কিছুটা দ্রবণীয়, কিন্তু গরম জলে ইহার দ্রবণীয়তা খুবই কম। গ্যাসটি বিষাক্ত এবং বহুক্ষণ ধরিয়া শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মারাত্মক হইতে পারে।

এই গ্যাসটি নিজে দাহ্য, কিন্তু অপর বস্তুর দহনে সাহায্য করে না। অক্সিজেনে বা বায়ুতে ইহা নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে ; অতিরিক্ত অক্সিজেনে বা বায়ুতে পুড়িয়া ইহা জল এবং সলফার ডাই-অক্সাইড দিয়া থাকে :

$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2.$$

অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকিলে H_2S পুড়িয়া জল এবং সলফার দেয় :

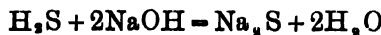
$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S.$$

কিন্তু গ্যাসজারে H_2S ভর্তি করিয়া তাহাতে জ্বলন্ত পাকাটির সাহায্যে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহা নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং সলফার ডাই-অক্সাইড ও সলফার এবং জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S + 2O_2 = 2H_2O + SO_2 + S.$$

হাইড্রোজেন সলফাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে ঈষৎ লাল করে। সুতরাং হাইড্রোজেন সলফাইড একটি অ্যাসিড গ্যাস এবং ইহার জলীয় দ্রবণও একটি ক্ষীণ অ্যাসিড (weak acid)। হাইড্রোজেন সলফাইডের জলীয় দ্রবণকে বায়ুতে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে বায়ুর অক্সিজেনের জারণক্রিয়ার ফলে সলফার পৃথক হইয়া যায় এবং দ্রবণ ঘোলাটে দেখায়। $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$

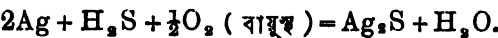
ইহার জলের দ্রবণকে হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় এবং এই অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক ; ক্ষার পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা দুই প্রকার লবণ দিয়া থাকে।

$$H_2S + NaOH = NaSH + H_2O$$

সোডিয়াম হাইড্রোসলফাইড

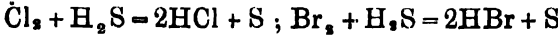
$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

সোডিয়াম সলফাইড

ইহা সিলভার, লেড, মার্কারী, টিন প্রভৃতি ধাতুর সহিত সাক্ষাৎভাবে বিক্রিয়া করে এবং তাহাদের সলফাইড লবণ গঠন করে। পরীক্ষাগারে রূপার বোতাম, বা নিকেলের ঘড়ি প্রায়ই কালো হইয়া যায়। ইহার কারণ H_2S ধাতু দুইটির সহিত সহজেই বিক্রিয়া করে এবং ধাতু দুইটির উপর কালো আবরণ হইল তাহাদের সলফাইডের। $2Ag + H_2S + \frac{1}{2}O_2$ (বায়ুস্থ) $= Ag_2S + H_2O.$

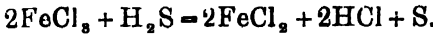
$$Sn + H_2S = SnS + H_2$$

হাইড্রোজেন সলফাইড একটি শক্তিশালী বিজারক। ইহার হাইড্রোজেনকে সহজেই অপসারিত করা যায় বলিয়াই ইহা বিজারকের কাজ করিতে সমর্থ হয়।

ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিনকে ইহা বিজারিত করিয়া উহাদের হাইড্রোজেন-যৌগ (হাইড্র্যাসিড) উৎপন্ন করে।

$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$; $Br_2 + H_2S = 2HBr + S$

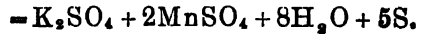
$I_2 + H_2S = 2HI + S$

এই বিক্রিয়াগুলি জলের মাধ্যমে সংঘটিত করা হয়। আয়োডিনকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় লওয়া হয়। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সলফার উৎপন্ন হয়।

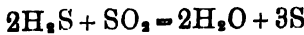
ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে হলুদ রংএর দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়; ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S.$$

কমলা রংএর অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S অতিক্রম করাইলে দ্রবণের রং সবুজ হয় এবং সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। ডাইক্রোমেট বিজারিত হইয়া ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

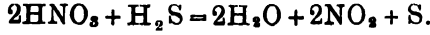
বেগুনী রংএর সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S অতিক্রম করাইলে দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানস্ লবণ উৎপন্ন করে।

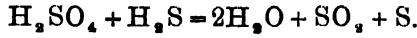
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S.$$

সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন যখন সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত মেশান হয় তখন উভয়ের বিক্রিয়ার ফলে সলফার এবং জল উৎপন্ন হয়।

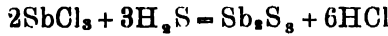
$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

সাধারণ উত্তাপে সলফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের (H_2SO_3) ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলেও উপরের মত বিক্রিয়া ঘটিয়া সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু শীতল অবস্থায় ($0°$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়) সলফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোজেন সলফাইডের জলীয় দ্রবণের সহিত মিশাইলে প্রধানতঃ পেণ্টা-থায়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; $10SO_2 + 5H_2S = 3H_2S_5O_6 + 2H_2O$

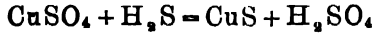
পেণ্টাথায়োনিক অ্যাসিড

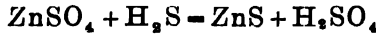
গাঢ় ধূমায়মান (fuming) নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া হইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইতে গেলে গ্যাসে আগুণ ধরিয়া যায়। মধ্যম রকম পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর গ্যাসটি অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড দেয় এবং হাইড্রোজেন সলফাইড জারিত হইয়া সলফার উৎপন্ন করে।

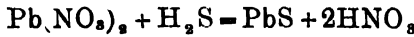
$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S.$$

5% নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত H_2Sএর কোন বিক্রিয়া হয় না। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করিলে সলফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড দেয় এবং সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S.$$

হাইড্রোজেন সলফাইড অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সেই সেই ধাতুর সলফাইড গঠন করে। তাহাদের মধ্যে যে ধাতব সলফাইড জলে অদ্রাব্য তাহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই ধাতব সলফাইডগুলির অনেকেরই বিশিষ্ট রং দেখিতে পাওয়া যায়। উৎপন্ন সলফাইডের রং দেখিয়া অনেক সময় কোন্ ধাতুর লবণ ব্যবহার করা হইয়াছে তাহা বলা যায়।

$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড অ্যান্টিমনি সলফাইড (কমলা রংএর)

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

কপার সলফেট কপার সলফাইড (কালো রংএর)

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

জিঙ্ক সলফেট জিঙ্ক সলফাইড (সাদা রংএর)

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

লেড নাইট্রেট লেড সলফাইড (চকচকে কালো রংএর)

অজৈব রসায়নের ধাতব লবণসমূহের রাসায়নিক পরীক্ষায় এই বিক্রিয়াগুলির সহিত পরিচিতি বিশেষ প্রয়োজন।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সলফাইডের বিকারক (Reagent) হিসাবে ব্যবহার ঃ উপরে ধাতব লবণের সহিত হাইড্রোজেন সলফাইডের য বিক্রিয়াগুলি উল্লিখিত হইয়াছে তাহাতে উল্লেখ করা হইয়াছে যে ধাতব লবণে কোন্ ধাতু বিদ্যমান আছে তাহা উৎপন্ন ধাতব সলফাইডের রং দেখিয়া অনুমান করা

যাইতে পারে। তাই H_2S-এর প্রথম ব্যবহার হইল (ক) **ধাতুর সনাক্তকরণে** (identification), যেমন—কপার সলফাইড (CuS) কালো; মার্কারি সলফাইড (HgS) কালো; লেড সলফাইড (PbS) চক্‌চকে কালো; জিঙ্ক সলফাইড (ZnS) সাদা; অ্যান্টিমনি সলফাইড (Sb_2S_3) কমলা রংএর; আর্সেনিক সলফাইড (As_2S_3) হলদে; ক্যাডমিয়াম সলফাইড (CdS) হলদে। যখন দুই বা ততোধিক ধাতব সলফাইডের রং একই হয় তখন উহাদিগকে অন্য বিকারকের সহিত ক্রিয়া করাইয়া সনাক্ত করা হয়। যেমন, দুইটি ধাতব লবণ দেওয়া হইয়াছে এবং তাহাদের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইয়া দুইটি কালো রংএর সলফাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। তখন কালো সলফাইড দুইটিকে দুইটি বিভিন্ন পরীক্ষানলে লইয়া তাহাতে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। যে কালো সলফাইডটি গলিয়া গিয়া সবুজ রংএর দ্রবণ উৎপন্ন করিল তাহা কপারসলফাইড এবং যে লবণ হইতে উহা পাওয়া গিয়াছিল তাহা কপারের লবণ। যে কালো সলফাইড পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডে গলে না তাহা মার্কারী সলফাইড এবং উহা যে লবণ হইতে পাওয়া গিয়াছে তাহা মার্কারীর লবণ।

(খ) **ধাতুর শ্রেণীবিভাগে:** হাইড্রোজেন সলফাইডের দ্বিতীয় ব্যবহার হইল হাইড্রোজেন সলফাইড ব্যবহার করিয়া ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে যে সমস্ত ধাতব সলফাইড পাওয়া যায় তাহাদের দ্রাব্যতা অনুসারে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা এবং তাহার উপর নির্ভর করিয়া ধাতুগুলিরও শ্রেণীবিভাগ করা।

(i) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে, ক্ষারীয় বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণে এবং পাতলা হাইড্রোক্লোরিক বা সলফিউরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, যথা—Hg, Pb, Bi, Cu, Cd, As, Sb, Sn [এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের (analytical group) II (ক) ও (খ)এর অন্তর্গত]।

(ii) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে এবং ক্ষারীয় বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য, কিন্তু পাতলা অ্যাসিডে দ্রাব্য, যথা—Fe, Zn, Mn, Ni, Co [এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের III (ক) এবং (খ) এর অন্তর্গত]।

(iii) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে দ্রাব্য, যথা—Ca, Ba, Sr, Mg, Na, K (এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের IV এবং V এর অন্তর্গত)।

(গ) হাইড্রোজেন সলফাইডের তৃতীয় ব্যবহার হইল দুইটি বা ততোধিক

ধাতুর লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতু-মূলকের (metallic radical) **পৃথকীকরণ ঃ** মনে করা যাউক যে একটি দ্রবণে মার্কিউরিক ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অবস্থায় আছে। ধাতুমূলকগুলিকে পৃথক করিতে হইলে প্রথমে দ্রবে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ফুটান হইল। এই উত্তপ্ত দ্রবের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস অতিক্রম করান হইল। ইহাতে মার্কিউরিক সলফাইডের (HgS) কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। হাইড্রোজেন সলফাইডের প্রবাহ যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত মার্কারী সলফাইড-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত চালনা করা হইল। তাহার পর দ্রবকে পরিস্রাবিত করা হইল। ফিলটার কাগজের উপর মার্কিউরিক-সলফাইড পড়িয়া থাকিল এবং পরিস্রুতে জিঙ্ক ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড চলিয়া আসিল। দ্রবকে ফুটাইয়া দ্রাবিত হাইড্রোজেন সলফাইড তাড়ান হইল এবং পরে দুই ফোঁটা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। [বিশ্লেষণী পরীক্ষায় এই প্রক্রিয়াই অনুসরণ করা হয় কারণ যদি আয়রণের লবণ দ্রবে বর্তমান থাকে তাহা H_2S দ্বারা বিজারিত হইয়া ফেরাস লবণে পরিবর্তিত হইয়া যায়। তাই তাহাকে ফেরিক লবণে রূপান্তরিত করা প্রয়োজন বিধায় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফেরাস লবণকে ফেরিক-লবণে পরিবর্তিত না করিলে পরবর্তী গ্রুপে যাইবার সময় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া যোগ করিলে আয়রণ ফেরিক হাইড্রোক্সাইডরূপে সম্পূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত হয় না। এইখানে অবশ্য আয়রণের লবণ নাই। তাই এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ না করিলেও চলিতে পারে।] পরে দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করা হইল যতক্ষণ না দ্রবণে অ্যামোনিয়ার গন্ধ স্থায়ী হয়। তখন তাহার মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হয়। তাহাতে জিঙ্ক সলফাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। দ্রবকে পরিস্রাবিত করিলে ফিলটার কাগজের উপর জিঙ্ক সলফাইড থাকিয়া যায় এবং পরিস্রুতে সোডিয়াম ক্লোরাইড চলিয়া যায়।

এইভাবে মার্কারী, জিঙ্ক ও সোডিয়াম পৃথক করা হইয়া থাকে।

সলফাইড ঃ হাইড্রো-সলফিউরিক অ্যাসিডের (H_2S) লবণকে সলফাইড বলে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে এই অ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। তাই এই অ্যাসিডের নর্ম্যাল বা শমিত লবণ এবং অ্যাসিড বা বাই-লবণ হইয়া থাকে।

Na_2S	$NaSH$
সোডিয়াম সলফাইড (শমিত লবণ)	সোডিয়াম হাইড্রোসলফাইড (অ্যাসিড লবণ

পূর্বেই হাইড্রোজেন সলফাইডের ধর্মের ভিতর উল্লেখ করা হইয়াছে যে কপার লেড, মার্কারী, জিঙ্ক, আর্সেনিক, টিন, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি ধাতুর লবণের দ্রবণের মধ দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস চালনা করিলেই উক্ত ধাতুগুলির সলফাইড উৎপ: হয় এবং উক্ত ধাতুগুলির সলফাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

আবার কোন কোন ধাতব সলফেটের সহিত কয়লার গুঁড়া মিশাইয়া কাঠ কয়লার উপর বিজারক-শিখায় ফুৎনলের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে সেই সেই ধাতু: সলফাইড উৎপন্ন হয়। যথা—$CaSO_4 + 4C = CaS + 4CO$

সলফাইডগুলির ভিতর কতকগুলি জলে দ্রাব্য, যথা—Na_2S, K_2S, Ca‌ ইত্যাদি। কিন্তু CaS যখন চুল্লীতে উৎপন্ন হয় তখন ইহা জলে অদ্রাব্য কতকগুলি সলফাইড জলে এবং ক্ষারীয় অ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য, কিং পাতলা অ্যাসিডে দ্রাব্য, যেমন,—ZnS, FeS, MnS ইত্যাদি। আবার কতক গুলি সলফাইড জলে, ক্ষারীয় ও অ্যামোনিয়ার দ্রবণে এবং পাতলা অ্যাসিে অদ্রাব্য, যেমন,—CuS, HgS, As_2S_3, Sb_2S_3 ইত্যাদি। বায়ুর সংস্পর্শে সলফাইডগুলিকে উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইড এবং সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপ: হয় ; যথা—$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$.

সময় সময় কম উত্তাপ প্রয়োগে ধাতব সলফাইড সলফেটে পরিণত হয়, যেমন—

$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4.$$

হাইড্রোজেন সলফাইড এবং ধাতব সলফাইডের অভীক্ষণ: হাইড্রোজেন সলফাইডকে তাহার গন্ধদ্বারাই সনাক্ত করা হয়। ইহা ছাড়া গ্যাসের ভিতর লেড অ্যাসিটেটের [$Pb(CH_3COO)_2$] দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে সাদা কাগজ কালো হইয়া যায়, কারণ কালো লেড সলফাইড উৎপন্ন হয়। কষ্টিক সোডার (NaOH) পাতলা দ্রবণে হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে সোডিয়াম সলফাইড উৎপন্ন হয়। এই সোডিয়াম সলফাইডের দ্রবণে কয়েক ফোঁটা সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের {$Na_2[Fe(CN)_5NO]$} দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের রং বেগুনী হয়।

কতকগুলি ধাতব সলফাইডের উপর (যথা,—PbS, ZnS, CaS ইত্যাদি) পাতলা অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস বুদবুদের আকারে

বাহির হয়। গ্যাসের গন্ধদ্বারা এবং তাহার লেড অ্যাসিটেটের দ্রবণে ডোবান কাগজকে কালো করিবার ক্ষমতাদ্বারা তাহাকে হাইড্রোজেন সলফাইড বলিয়া চেনা যায়। কিন্তু অন্য কতকগুলি ধাতব সলফাইড হইতে এইভাবে অ্যাসিডের ক্রিয়াদ্বারা হাইড্রোজেন সলফাইড পাওয়া যায় না (যেমন—As_2S_3, CuS ইত্যাদি)। তখন উক্ত ধাতব সলফাইডে ধাতব জিঙ্ক এবং পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিতে হয়। তখন জায়মান হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে উক্ত সলফাইডগুলি হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড বাহির হইয়া আসে এবং তাহাকে পূর্বের মত গন্ধদ্বারা এবং লেড অ্যাসিটেটের দ্রবণে ডোবান কাগজদ্বারা সনাক্ত করা যায়।

সলফাইডকে অন্য ভাবেও চেনা যাইতে পারে। ধাতব সলফাইডের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট ও কষ্টিক সোডার খণ্ড মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগে গলান হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া যে কঠিন দ্রব্য পাওয়া যায় তাহাকে জলে যোগ করিয়া ফুটান হয়। ঠাণ্ডা করিয়া ঐ দ্রবকে পরিস্রাবণ-দ্বারা অদ্রাব্য পদার্থ হইতে পৃথক করা হয়। পরে উক্ত দ্রবণে কয়েক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্য-প্রস্তুত দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের রং বেগুনী হয়। এই রং দ্রবণে একমাত্র ক্ষারীয় সলফাইড থাকিলেই উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] = Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

দ্রষ্টব্য ঃ হাইড্রোজেন সলফাইডের সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্যঃপ্রস্তুত দ্রবণের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না এবং সেই কারণে ইহা (H_2S) নাইট্রোপ্রুসাইডের দ্রবণের রংএর কোন পরিবর্তন ঘটাইতে পারে না।

Questions

1. Describe, with equation and a sketch, the method of preparation of hydrogen sulphide in the laboratory. What are the substances used for drying hrdrogen sulphide ? Why hydrogen sulphide is called hydro-sulphuric acid ? What is the chief impurity present in hydrogen sulphide prepared by the laboratory method and how is that impurity removed ?

১। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করা হয় সমীকরণ ও চিত্র-সহকারে তাহা বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন সলফাইডকে শুষ্ক করিতে হইলে কোন্ কোন্ দ্রব্য

ব্যবহার করা হয়? হাইড্রোজেন সলফাইডকে হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় কেন? এইভাবে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সলফাইডে বিশেষ অশুদ্ধি কি থাকে এবং তাহা কিভাবে অপসারিত করিতে পারা যায়?

2. Describe the method of preparing dry and pure hydrogen sulphide. Describe the reactions that occur between hyrogen sulphide and the following substances with equations :—

(a) an aqueous solution of nitric acid (b) an aqueous solution of ferric chloride, (c) an aqueous solution of lead nitrate, (d) an aqueous solution of sulphur dioxide, (e) an aqueous solution of zinc sulphate and (f) iodine suspended in water.

২। বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করিবার প্রণালী বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সহিত হাইড্রোজেন সলফাইডের যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর :—

(ক) নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ, (খ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ, (গ) লেড নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ, (ঘ) সলফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ, (ঙ) জিঙ্ক সলফেটের জলীয় দ্রবণ এবং (চ) আয়োডিনযুক্ত জল।

3. Write what you know about the use of hydrogen sulphide as a chemical reagent.

৩। হাইড্রোজেন সলফাইডের রাসায়নিক বিকারক হিসাবে ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

4. How is hydrogen sulphide generated in the laboratory for use as a chemical reagent? Give a neat sketch of the apparatus used. Explain why dilute nitric acid cannot be used in place of dilute sulphuric acid in the preparation of hydrogen sulphide.

৪। হাইড্রোজেন সলফাইড রাসায়নিক বিকারক হিসাবে পরীক্ষাগারে ব্যবহার করিবার জন্য কিভাবে উৎপাদন করা হয় চিত্রসহকারে তাহা বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করিতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের স্থলে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড কেন ব্যবহার করা যায় না তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

5. Write what you know about sulphides. Give the name, with formulae, of some of the natural sulphides. State how the metallic sulphides have been classified.

৫। সলফাইড লবণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কয়েকটি প্রাকৃতিক সলফাইডের নাম সংকেত সহকারে উল্লেখ কর। ধাতব সলফাইডগুলির কিভাবে শ্রেণী বিভাগ করা হইয়াছে তাহা বর্ণনা কর।

Describe in the form of experiments the reducing property and the acid character of hydrogen sulphide. Discuss the following reactions with equations :—

(a) gaseous hydrogen sulphide is passed into caustic soda solution ; (b) hydrogen sulphide is passed into an alkaline zinc salt solution ; (c) hydrogen sulphide is passed into saturated solution of sulphur dioxide cooled in ice ; (d) hydrogen sulphide is passed into bromine water.

৬। হাইড্রোজেন সলফাইডের বিজারক গুণ এবং অ্যাসিড ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর :—

(ক) হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে চালনা করা হইল ; (খ) হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস ক্ষারীয় জিঙ্কের লবণের দ্রবণে চালনা করা হইল ; (গ) বরফ দ্বারা সলফার ডাই-অক্সাইডের সংপৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিয়া তাহার মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হইল ; (ঘ) ব্রোমিন জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হইল।

পরিভাষা

ABSOLUTE scale—পরম স্কেল বা মাত্রা
Absolute temperature—পরম উষ্ণতা
Absorbed—বিশোষিত
Absorption—বিশোষণ
Acidic—আম্লিক
Acidification—অম্লীকরণ
Acidify—অম্ল করা
Acidity of a base—ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা
Acid-proof—অম্লসহ, অম্লাভেদ্য
Acid salt—অম্ল লবণ
Acid, strong—তীব্র অম্ল
Acid, weak—মৃদু অম্ল
Activated—ক্রিয়াসমন্বিত
Absorption—অধিশোষণ
Aerated—বাতান্বিত
Allotropic modification—রূপভেদ

Analogous—সদৃশ
Analytical—বৈশ্লেষিক
Antiseptic—বীজাণুবারক
Apparatus—যন্ত্র
Aquaregia—অম্লরাজ
Artificial—কৃত্রিম
Aspirator—বাতচোষক
Attraction—আকর্ষণ

Bad conductor—কু-পরিবাহী
Bath—উষ্মক
Beaker—বীকার
Bee-hive shelf—মধুকোষ-পীঠ
Bell-jar—বেল-জার, কাচের পরিচ্ছাদক
Binary compound—দ্বিযৌগিক পদার্থ
Boiling point—স্ফুটনাঙ্ক
Bone ash—অস্থিভস্ম
Bunsen burner—বুনসেন দীপ

CAMPHOR—কর্পূর
Capillary tube—কেশ-নল
Clay-pipe triangle—মূষাধার
Concentrate—গাঢ়ীকরণ
Condensation—ঘনীভবন
Condenser—শীতক
Conduction—পরিবাহিতা
Cork-borer—ছিপিতে ছিদ্র করিবার
Cycle—চক্র
Carbon—কার্বন।

DEFLAGRATING SPOON—উজ্জ্বলন-চামচ
Dehydrating agent—নিরুদক-কারক
Deposit—পরিন্যাস
Di-acid base—দ্বি-আম্লিক ক্ষার
Dialyser—বিশ্লেষক-ঝিল্লী
Dissolve—দ্রবীভূত করা
Ductility—প্রসার্যতা

EQUATION—সমীকরণ
Estimation—পরিমাপন

Eudiometer—গ্যাসমান যন্ত্র
Eudiometry—গ্যাসমিতি
Exo-thermic—তাপ উৎপাদক
Expansion—প্রসারণ
FIXATION—বন্ধন
Formation—সংগঠন
Fractional—আংশিক
Freezing mixture—হিমমিশ্র
Froth—ফেনা
Fuming—ধূমায়মান
Funnel—ফানেল
—, Dropping—বিন্দুপাতী—
—, Separating—পৃথক্‌কারী—
—, Thistle—দীর্ঘনল
GAS-HOLDER—গ্যাসাধার
Gas-jar—গ্যাস-জার
Germicidal—বীজাণু-নাশক
Granular—দানাদার
Granulated zinc—জিঙ্কের (দস্তার) ছিবড়া
Gravimetric composition—তৌলিক-সংযুতি
Gun-powder—বারুদ
Heat—তাপ, (v) উত্তাপ দেওয়া
Heat of reaction—বিক্রিয়া-তাপ
Hotness—উষ্ণতা
Hydrolysis—আর্দ্র-বিশ্লেষণ
Hypothesis—প্রকল্প
IDENTIFICATION—সনাক্ত করণ
Impurity—অপদ্রব্য
Incinerate, Incineration—ভস্মীকরণ
Ionisation—আয়নিত হওয়া

KIPP'S Apparatus—কিপ-যন্ত্র
LABORATORY—পরীক্ষাগার; প্রয়োগশালা, রসশালা
Ladle—হাতা
Lid—ঢাকনা
Lime-kiln—চুনের ভাঁটি
Lustre—দ্যুতি
Lustrous—দ্যুতিমান
MALLEABILITY—ঘাতসহতা
Manometer—প্রেষমান-যন্ত্র
Monacid—একাম্লিক
Monatomic—এক পরমাণুক
Monovalent—একযোজী
Mother-liquor—শেষ-দ্রব
NATIVE—প্রাকৃত
Non-conductor—অপরিবাহী
Non-luminous—দীপ্তিহীন
Non-volatile—অনুদ্বায়ী
Normal-pressure—প্রমাণ চাপ
Normal temperature—প্রমাণ উষ্ণতা
N. T. P.—প্রমাণ অবস্থা
Nitrogen—নাইট্রোজেন;
OCTAHEDRAL—অষ্টতল
Odour—গন্ধ
Odourless—গন্ধহীন
Opaque—অস্বচ্ছ
Oven—চুল্লী
PNEUMATIC trough—গ্যাসদ্রোণী
Porosity—সরন্ধ্রতা
Practical—ব্যবহারিক
Pressure—চাপ